AS 2128 / CME

De la Bibliogr. de Fournier Estimé 12 f.

N°. ~~372~~ 482. du Catalogue

cette edition citée dans la France Litteraire de Querard tom. 1er au mot Bion est la meilleure et Preferable a celle de 1725.

Bion
$485

St. 82/12

De Larmessin graveur du Roy.

CONSTRUCTION et Usages des INSTRUMENS de MATHEMATIQUE.

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/traitedelaconstr00bion

TRAITÉ
DE LA
CONSTRUCTION
ET DES PRINCIPAUX
USAGES
DES
INSTRUMENS
DE MATHÉMATIQUE.

Avec les Figures néceſſaires pour l'intelligence de ce Traité.

DEDIÉ AU ROY.

QUATRIÉME ÉDITION,

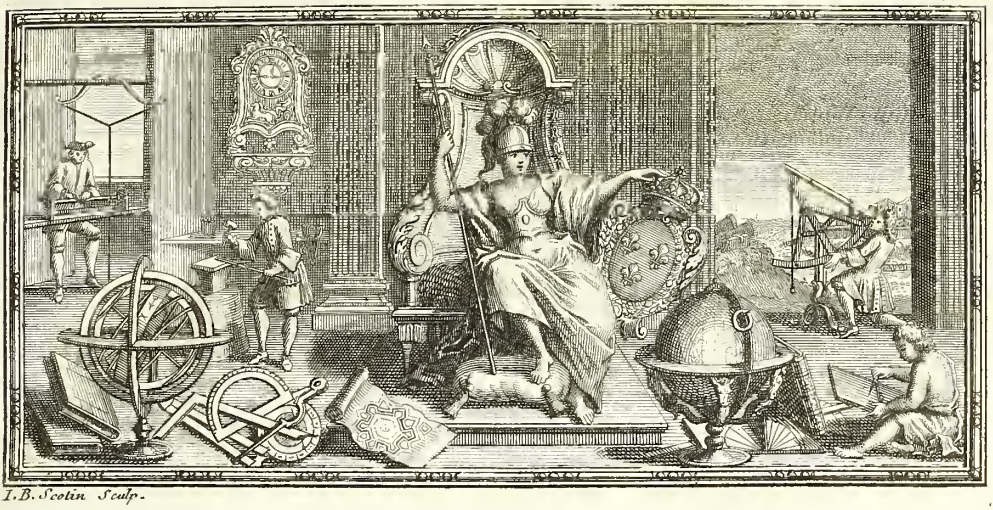
Revûe, corrigée & augmentée par le Sr N. Bion, *Ingénieur du Roi pour les Inſtrumens de Mathématique, Quai de l'Horloge du Palais, où l'on trouve tous ces Inſtrumens dans leur perfection.*

A PARIS,

Chez { Charles-Antoine Jombert, Libraire du Roy pour l'Artillerie & le Génie, Rue Dauphine, à l'Image Notre-Dame,
ET
Nion Fils, Quay des Auguſtins, près la rue Gille-Cœur, à l'Occaſion.

M. DCC. LII.

AVEC APPROBATION ET PRIVILÈGE DU ROY.



I.B. Scotin Sculp.

AU ROY.

SIRE,

La protection, que Vous accordez à ceux qui cultivent les Sciences & les Arts, fit prendre à l'Auteur de ce Livre la

liberté de Vous le consacrer. La plûpart des Instrumens dont il traite sont aussi utiles pendant la Guerre, qu'agréables en tems de Paix. J'ai crû, SIRE, *entrer dans les intentions de* VOTRE MAJESTÉ, *en essayant de perfectionner un Ouvrage qui étoit déja tout à Elle, parce qu'il lui fut d'abord présenté dans un âge destiné à l'Etude des Belles-Lettres, & qu'après avoir pris en main les rênes du Gouvernement, Elle voulut bien l'agréer de nouveau. Celui,* SIRE, *qui ose Vous l'offrir encore, est un fils qui renouvelle par-là l'hommage que son pere Vous a autrefois rendu. Daignez,* SIRE, *recevoir ce foible témoignage de son zéle pour Votre service, & celui du Public. Je suis avec un très-profond respect,*

SIRE,

DE VOTRE MAJESTÉ,

Le très-humble, très-obéissant, & très-fidéle Serviteur & Sujet, N. BION.

PREFACE.

MON pere ayant fait paroître pendant le cours de ſa vie divers Ouvrages de différens genres & en différens tems, l'accueil favorable dont le Public les a toujours honoré, m'a engagé de les continuer. Du nombre de ces Ouvrages eſt cette nouvelle Edition du *Traité de la Conſtruction & des principaux Uſages des* plus curieux & des plus utiles *Inſtrumens de Mathématique* qui ayent été inventés juſqu'à préſent.

Ce Traité eſt dans le même ordre que celui des précédentes Editions. Après avoir donné les Définitions néceſſaires pour ſon intelligence, on le diviſe en neuf Livres, & chacun de ces Livres en pluſieurs Chapitres.

Le premier Livre contient la Conſtruction & les principaux Uſages des Inſtrumens les plus ſimples & les plus ordinaires, qui ſont le Compas, la Régle, le Tire-ligne, le Porte-crayon, l'Equerre & le Rapporteur. On y trouvera pluſieurs beaux traits de Compas, & la maniére de tracer ſur du papier toutes ſortes de Figures tant réguliéres qu'irréguliéres.

Le ſecond Livre explique aſſez préciſément, quoiqu'en peu de pages, la maniére de conſtruire le Compas de proportion & de pratiquer ſes principaux Uſages. On y a joint pluſieurs Méthodes pour conſtruire différentes Jauges, & les moyens de s'en ſervir pour jauger les Tonneaux. Le Compas de proportion avec les autres Inſtrumens ci-deſſus énoncés, compoſent ce qu'on nomme *Etui de Mathématique.*

On trouvera dans le troiſiéme Livre la Conſtruction & les Uſages de pluſieurs Inſtrumens curieux qui ſervent ordinairement dans le Cabinet. La matiére eſt fort diverſifiée dans ce Livre, où ſe trouve l'explication de quantité de choſes aſſez

utiles, comme la maniére d'armer les Pierres d'Aimant, la compoſition de différens Microſcopes & pluſieurs autres curioſités, qui feront ſans doute plaiſir à beaucoup de Lecteurs.

La matiére du quatriéme Livre conſiſte dans la Conſtruction & les Uſages des principaux Inſtrumens qui ſervent ſur le terrein pour arpenter, lever les Plans, meſurer les diſtances & les hauteurs, tant acceſſibles qu'inacceſſibles. Ces Inſtrumens ſont : la Toiſe, la Chaîne, les Piquets, l'Equerre d'Arpenteur, les Récipiangles, les différentes Planchettes, le Quart-de-Cercle, le Demi-cercle ou Graphométre, la Bouſſole, &c. Il faut obſerver que le deſſein de l'Auteur n'ayant été que d'inſtruire ceux qui commencent à apprendre ces Sciences pour la pratique, il n'y a mis que les Opérations les plus faciles & à la portée de tout le monde ; d'autant qu'il y a aſſez d'autres Livres dont on indiquera en partie les ſources dans le cours de cet Ouvrage, qui traitent ces matiéres à fond.

Le cinquiéme Livre contient la Conſtruction de pluſieurs différens Niveaux, avec la maniére de les rectifier & de les mettre en uſage pour la conduite des Eaux. On y a joint l'explication d'une eſpéce de Jauge pour meſurer la quantité d'eau que fournit une Source, & le moyen de partager cette même Eau.

On trouvera auſſi dans ce même Livre la Conſtruction des Inſtrumens d'Artillerie, & la maniére de s'en ſervir, tant pour les Canons & les Boulets, que pour les Mortiers & les Bombes. Ce qui eſt enſeigné à ce ſujet, quoiqu'en abrégé, eſt aſſez de pratique.

Le ſixiéme Livre renferme la Conſtruction & les Uſages des plus beaux & des plus utiles Inſtrumens qui ſervent à l'Aſtronomie. M. de la Hire a fourni à cet égard beaucoup de lumiéres à l'Auteur ; & celui-ci a pris dans les Tables Aſtronomiques du premier la plus grande partie du contenu en ce Livre. Il y a cependant auſſi beaucoup de choſes de M. de Caſſini, dont l'exactitude admirable dans les Obſervations des Aſtres eſt connue de tout le Monde Sçavant. C'eſt d'après ces Hommes célébres qu'on a tâché d'expliquer le mieux qu'il a été poſſible la maniére de pratiquer ces Obſervations, pour donner une idée générale de l'Aſtronomie. On a donné dans un Chapitre ſéparé la Conſtruction & l'Uſage d'un Inſtrument appellé *Octans*, ainſi que de quelques autres qui ſervent encore à l'Aſtronomie ; tels que ſont le Micrométre, la Machine Parallactique pour obſerver les Aſtres en plein jour, le Téleſcope, &c. On a en

outre indiqué diverſes Méthodes pour décrire la ligne Méridienne, & placer un Gnomon à l'effet de trouver l'inſtant où le Soleil paſſe au Méridien. On a de plus donné la Conſtruction d'un Cercle horiſontal ſur lequel on éléve un Quart-de-Cercle vertical, afin d'obſerver la hauteur des Aſtres ſur l'Horiſon, & leurs diſtances au Zénith. Enfin ce Livre eſt terminé par la Conſtruction d'une Pendule à grandes vibrations pour les Obſervations Aſtronomiques.

On trouvera dans le ſeptiéme Livre la Conſtruction & les Uſages de pluſieurs Inſtrumens propres à la Navigation. Après l'explication des différentes Bouſſoles Marines, & des divers Inſtrumens pour obſerver ſur la Mer la hauteur des Aſtres, on a fait mention de tout ce qui concerne le Quartier de Réduction. On a auſſi enſeigné la maniére de dreſſer les Cartes réduites & de s'en ſervir. Ce Livre contient encore pluſieurs Tables qui ont rapport à cette matiére, & qui peuvent auſſi ſervir pour d'autres qui ſe trouvent répandues dans le cours de ce Traité.

Le huitiéme Livre explique aſſez amplement la Conſtruction & les Uſages des Cadrans Solaires & Lunaires, auſſi-bien que des Cadrans aux Etoiles. On y trouve auſſi la Conſtruction d'une Horloge Elémentaire ou Pendule à l'eau; d'un Cadran qui marque les noms des Vents; & d'un Anéométre pour connoître & meſurer la force & la viteſſe des Vents.

Le neuviéme & dernier Livre contient la Conſtruction & les Uſages de pluſieurs Inſtrumens de Mathématique & de Phyſique, & d'autres Machines différentes qui ont rapport à ces Sciences. Il a été beaucoup retouché en cette Edition, & quoique la matiére ſoit fort diverſifiée, on a lieu de préſumer qu'il n'intéreſſera pas moins les Lecteurs que les autres Livres de ce Traité. Les Machines Hydrauliques, les principes de l'Optique & les applications aſſez curieuſes de ces Principes ſont les principaux objets de ce Livre. On y a joint la Conſtruction de preſque toutes les différentes eſpéces de Verres, dont la plûpart ſont propres aux Lunettes d'approche ou Téleſcopes; les autres ſervent aux Expériences d'Optique qui ſe pratiquent le plus ordinairement; de même que celles des Verres & Miroirs ardens, dont on a auſſi indiqué les propriétés & les effets, &c. Ce Livre a quatre Planches gravées qui lui ſont particuliéres & qui ſervent à l'intelligence de tout ce qu'il contient.

Ce Traité finit par une Deſcription des principaux Outils qui ſervent à la Conſtruction des Inſtrumens de Mathématique.

Pour ne pas multiplier mal-à-propos le nombre des Planches

de ce Traité, on a été obligé de les remplir preſque toutes de beaucoup de Figures ; cependant elles ne laiſſent pas que de donner une idée aſſez nette & aſſez diſtincte de toutes les choſes qu'elles repréſentent. On les a placé dans le corps de l'Ouvrage à la ſuite des diſcours qui traitent de ce qu'elles indiquent, & on les a fait ſortir en dehors du Livre, afin qu'on puiſſe les avoir plus facilement ſous les yeux.

Enfin le Frontiſpice de ce Traité eſt accompagné du Portrait de ſon premier Auteur, dont le mérite, j'oſe le dire, ſembloit devoir exiger de ma part cette foible marque de vénération & de reconnoiſſance. Il eſt repréſenté d'après un portrait peint par une habile main il y a environ 46 ans. C'eſt le Burin du fameux M. Larmeſſin Graveur du Roi & de l'Académie Royale de Peinture & de Sculpture, qui a parfaitement bien exécuté ce Portrait-ci. Il a bien voulu le faire en conſidération de l'amitié qu'il a eu pour ce célébre Artiſte, & de l'eſtime ſinguliére qu'il conſerve encore pour ſa mémoire & pour ſes Ouvrages. La même conſidération a porté l'illuſtre M. Roi à faire à notre Auteur l'heureuſe application d'un Diſtique Latin tiré des *Faſtes d'Ovide*, ſur lequel il a compoſé les quatre vers François qui ſont au bas de cette Gravure. Comme rien ne convient mieux au ſujet que la découverte de ce Texte original, & que la Traduction du Poëte François, on s'eſt déterminé d'expoſer l'un & l'autre ſous les yeux du Lecteur.

DEFINITIONS NÉCESSAIRES POUR L'INTELLIGENCE DE CE TRAITÉ.

LE Point eſt ce qui n'a aucunes parties, & qui par conſéquent eſt indiviſible. *Premiere Planche.* Figure 1.

La ligne eſt une longueur ſans largeur, & c'eſt l'écoulement du point. Fig. 2.

Il y a de trois ſortes de Lignes, la droite, la courbe & la mixte.

La Ligne droite eſt la plus courte de toutes celles qu'on peut tirer d'un point à l'autre. Fig. 2.

La Ligne courbe eſt celle qui ne va pas directement d'une de ſes extrémités à l'autre, mais qui s'en écarte par un détour. Fig. 3.

La Ligne mixte eſt celle dont une partie eſt droite, & l'autre courbe. Fig. 4.

Les extrémités des Lignes ſont des points.

Les Lignes comparées les unes aux autres ſuivant leurs poſitions ou ſituations, ſont ou paralleles, ou perpendiculaires, ou obliques.

On appelle lignes paralleles celles qui conſervent toujours entre elles une même diſtance, & qui étant prolongées de part & d'autre, ne ſe rencontrent jamais, ſoit que les lignes ſoient toutes deux droites, ou toutes deux courbes. Fig. 5.

Les Lignes perpendiculaires ſont celles qui en ſe rencontrant ne s'inclinent pas plus d'un côté que d'autre; c'eſt pourquoi elles font deux angles égaux, & par conſéquent tous deux droits. Fig. 6.

Les Lignes obliques ſont celles qui en ſe rencontrant, forment des angles obliques & inégaux entre-eux, c'eſt-à-dire, aigus & obtus. Fig 7.

Ces lignes prennent encore d'autres dénominations, comme ſont celles qui ſuivent.

Fig. 8. La ligne à plomb ou verticale eſt celle qui paſſeroit par le centre de la terre ſi elle étoit continuée, comme ſeroit un fil auquel on auroit attaché un plomb, ou quelque autre choſe de peſant.

Fig. 9. La ligne horizontale, ou de niveau apparent, eſt une ligne droite qui toucheroit la ſurface de la terre en un point, ou qui ſeroit paralléle à cette tangente.

La ligne du vrai niveau eſt celle qui a tous ſes points également éloignés du centre de la terre, comme ſeroit la circonférence de la même figure.

La ligne finie eſt celle dont la longueur eſt déterminée.

La ligne indéfinie eſt celle dont la longueur eſt indéterminée.

Il y a encore des lignes occultes ou blanches qui ſe font avec la pointe du compas, ou plus proprement avec le crayon, parce qu'on le peut facilement effacer. Ces lignes ne doivent pas paroître, l'ouvrage étant achevé. Quand on les veut laiſſer pour faire voir de quelle maniere s'eſt faite l'opé-

Fig. 10. ration, on les marque de points, & pour-lors on les appelle lignes ponctuées, qu'on trace avec la roulette.

Les lignes qui doivent reſter, qu'on nomme lignes apparentes, ſe tracent à l'encre avec le tire-ligne, ſi groſſes & ſi fines qu'on veut, par le moyen de la vis ou de la couliſſe qui eſt au tire-ligne.

Fig. 9. La ligne tangente ou touchante eſt une ligne qui touche une figure ſans la couper, comme la ligne A B.

Fig. 9. La ligne ſous-tendante ou corde, eſt celle qui joint les extrémités d'un arc, comme eſt la ligne C D.

Fig. 11. Arc eſt une partie de circonférence, comme D F E.

Le nombre des différentes eſpéces de lignes courbes eſt infini ; mais la plus ſimple, la plus réguliere & la plus aiſée à tracer, eſt la circulaire.

Fig. 11. La ligne circulaire ou la circonférence du cercle eſt une ligne courbe, dont toutes les parties ſont également éloignées d'un même point qui eſt au milieu, & qui eſt appellé centre du cercle.

Fig. 11. Les lignes droites, menées du centre à la circonférence, s'appellent rayons, ou demi-diametres, comme N O.

Les cordes qui paſſent par le centre du cercle, s'appellent diametres, comme M P.

Toute circonférence de cercle ſe conçoit diviſée en 360 parties égales, qui ſe nomment dégrés.

Ce nombre de 360 a été choiſi par les Géometres pour la diviſion du cercle, parce qu'il ſe ſubdiviſe plus exactement qu'aucun autre en pluſieurs parties égales ſans reſte : car, par exemple, la moitié de 360 eſt 180, le tiers eſt 120, le quart eſt 90, la cinquéme partie eſt 72, la ſixiéme eſt 60, la huitiéme eſt 45, la dixiéme eſt 36, la douziéme eſt 30, & ainſi de pluſieurs autres parties aliquotes.

Chaque degré ſe diviſe en 60 parties égales, que l'on appelle minutes ; chaque minute en 60 ſecondes, & chaque ſeconde en 60 tierces, &c. & ſe marquent ainſi, 40 d. 35′. 49 ″. 57‴. ce qui ſignifie quarante dégrés, trente-cinq minutes, quarante-neuf ſecondes, cinquante-ſept tierces. Cette diviſion ſert à meſurer la grandeur des angles ; mais la ſubdiviſion en ſecondes & tierces n'eſt en uſage que dans les grandes circonférences.

L'ouverture de deux lignes différentes qui ſe coupent ou ſe rencontrent en un point, ſe nomme angle.

Lorſque deux lignes ſe coupent ou ſe rencontrent ſur un plan, l'angle qu'elles font s'appelle plan. Fig. 12.

Quand les lignes qui font l'angle plan, ſont droites, l'angle eſt appellé rectiligne.

Si les deux lignes ſont courbes, l'angle eſt nommé curviligne. Fig. 13.

Si l'une de ces lignes eſt courbe & l'autre droite, l'angle eſt nommé mixte ou mixtiligne, ſoit que la courbe ſoit en dedans ou en dehors. Fig. 14.

Les deux lignes qui forment cet angle ſont appellées les côtés de l'angle. Le point où les deux lignes ſe coupent ou ſe rencontrent, en eſt le ſommet.

Lorſqu'on marque un angle avec trois lettres, celle du milieu marque le ſommet, & les deux autres les deux côtés, & on dit l'angle B A C.

Qu'on prolonge les côtés d'un angle, ou qu'on en retranche, cela ne le fait ni plus grand ni plus petit. Ainſi la grandeur d'un angle ne ſe meſure pas par la grandeur de ſes côtés. Fig. 12.

La meſure d'un angle rectiligne eſt la portion d'un cercle compriſe entre les côtés égaux de cet angle, dont le ſommet fait le centre du cercle. Il n'importe de quel intervalle, puiſque les arcs des cercles, petits ou grands, compris entre les côtés A B, A C, ſont d'un nombre égal de degrés. Fig. 15.

Si, par exemple, l'arc du petit cercle eſt de 60 degrés, qui fait la ſixiéme partie de toute la circonférence, l'arc du grand cercle ſera pareillement de 60 degrés, ou la ſixiéme partie de la circonférence du grand cercle, & l'angle B A C ſera de 60 degrés.

Ces arcs ſont égaux en grandeur relative, par rapport aux cercles dont ils ſont parties aliquotes égales; mais leur grandeur abſolue eſt différente; car ſi, par exemple, la circonférence d'un cercle contient 360 pieds, chaque degré ſera d'un pied; & ſi la circonférence d'un autre cercle contient 360 toiſes, chaque degré de ce cercle ſera d'une toiſe.

Tout angle eſt droit, aigu ou obtus.

L'angle droit a pour ſa meſure un arc de 90 degrés, qui eſt le quart de la circonférence du cercle. Fig. 16.

L'angle aigu a moins de 90 degrés. Fig. 17.

L'angle obtus a plus de 90 degrés. Fig. 18.

Des angles alternes. Une ligne droite qui coupe deux paralleles, fait les angles alternes égaux. L'angle D A E, eſt égal à l'angle B A C, puiſqu'il lui eſt oppoſé au ſommet. L'angle BAC eſt alterne de l'angle GFH, & par conſéquent égal à ce dernier, qui eſt oppoſé au ſommet de l'angle IFL. S'il y avoit pluſieurs paralleles, on démontreroit la même choſe, & tous les angles aigus ſeroient égaux auſſi-bien que tous les angles obtus. Fig. M.

Aucun angle ne peut avoir pour ſa meſure 180 degrés, qui font la demi-circonférence du cercle: car deux lignes ainſi écartées l'une de l'autre ne pourroient pas ſe couper, mais ſe rencontreroient directement, & ne ſeroient qu'une même ligne, qui ſeroit le diametre du cercle.

Le ſinus d'un angle ou d'un arc eſt la moitié de la corde du même arc double; ainſi, par exemple, pour avoir le ſinus de l'angle D A E, ou de l'arc D E, qui en eſt la meſure, ayant doublé l'arc E D, on aura l'arc E D F, dont la corde eſt E F, & ſa moitié E H, eſt le ſinus droit de l'angle D A E; la ligne D G eſt la tangente du même angle, & la ligne A G en eſt la ſécante. Fig. 15.

Deux arcs qui ſont un cercle entier, n'ont qu'une même corde, car il eſt aiſé de voir que la ligne EF eſt auſſi-bien la corde du grand arc EBCF, que du petit arc EDF.

Par même raiſon, deux arcs qui ſont enſemble un demi-cercle, n'ont qu'un même ſinus droit; ainſi la ligne EH eſt auſſi-bien le ſinus de l'angle obtus EAI, ou de l'arc EBI, qui en eſt la meſure, que de l'angle aigu EAD, ou de l'arc ED.

Il en eſt de même des tangentes & ſécantes.

Le ſinus de 90 degrés, qui eſt le rayon ou demi-diametre du cercle, comme DA, eſt appellé ſinus total.

La ſurface ou ſuperficie eſt ce qui a longueur & largeur ſeulement. Elle eſt de deux ſortes, ſçavoir plane & courbe.

Fig. 19. La ſurface plane ou droite eſt celle à laquelle une ligne droite ſe peut appliquer de tout ſens, comme eſt, par exemple, le deſſus d'une table bien unie.

Fig. 20. La ſurface courbe eſt celle à laquelle une ligne droite ne peut s'appliquer en tous ſens. Il y en a de concaves & de convexes. Le dedans d'une calote eſt une ſurface concave, & le deſſus eſt une ſurface convexe.

Terme, eſt ce qui termine quelque choſe. Ainſi les points ſont les termes de la ligne, les lignes ſont les termes des ſurfaces, & les ſurfaces ſont les termes des corps.

La figure eſt ce qui eſt terminé de tous côtés.

Les figures terminées par un ſeul terme ſont les cercles & les ellipſes ou ovales, leſquelles ſont terminées par une ſeule ligne courbe.

Fig. 21. Les figures terminées par pluſieurs termes ou lignes ſont le triangle ou trigône, qui a trois côtés & trois angles.

Fig. 22. Le quarré ou quadrilatère qui en a quatre. Le pentagone cinq. L'exa-
Fig. 23. & 24. gone ſix. L'eptagone ſept. L'octogone huit. L'enneagone neuf. Le décagone dix. L'endécagone onze. Le dodécagone douze. La figure de 1000. côtés ſe nomme chiliogone. Celle de 10000. côtés ſe nomme myriogone.

On parlera ci-après plus au long de ces polygones, en traitant de leur conſtruction.

Toutes les ſuſdites figures, & celles qui ont encore plus de côtés, ſe nomment auſſi polygones, d'un mot général, qui ſignifie figures de pluſieurs angles; & pour les diſtinguer, on ajoûte le nombre des côtés; comme, par exemple, un décagone ſe peut appeller un polygone de dix côtés; un dodécagone s'appelle auſſi un polygone de douze côtés, & ainſi des autres.

Les figures dont les côtés & les angles ſont égaux, comme celles ci-devant, ſe nomment polygones réguliers.

Celles dont les angles ou les côtés ſont inégaux, ſe nomment polygones irréguliers.

Les triangles ſe diſtinguent, ou par leurs côtés, ou par leurs angles.

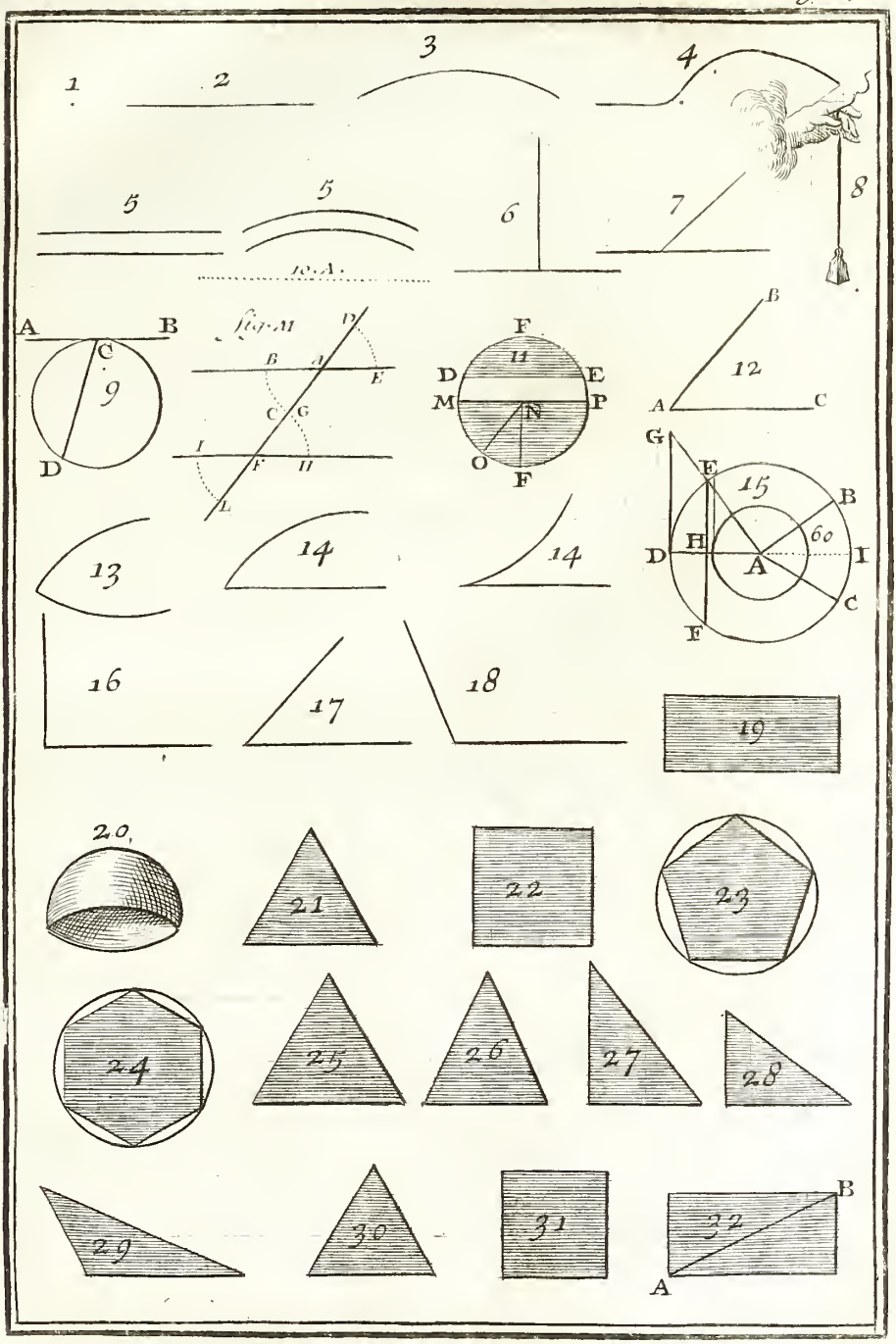
Fig. 25. Ayant égard à leurs côtés; celui qui a les trois côtés égaux ſe nomme triangle équilateral, & il eſt auſſi équiangle.

Fig. 26. Celui qui a ſeulement deux côtés égaux ſe nomme triangle iſoſcéle.

Fig. 27. Et celui qui a les trois côtés inégaux s'appelle triangle ſcalene.

Fig. 28. Ayant égard à leurs angles, le triangle qui a un angle droit ſe nomme rectangle, & le côté oppoſé à l'angle droit, ſe nomme hypoténuſe.

Fig. 29. Celui qui a un angle obtus ſe nomme obtuſangle, ou amblygone.


1
2
3
4
5
5
6
7
8
10 A
A
B
C
9
D
fig. M
B
A
E
C
G
I
F
H
L
F
11
D
E
M
N
P
O
F
B
12
A
C
G
E
15
B
D
H
60
A
I
C
F
13
14
14
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
B
32
A

Celui qui a tous les angles aigus se nomme acutangle, ou oxygone. Fig. 30.

Les quadrilatères ou figures de quatre côtés, reçoivent aussi différens noms.

Si les côtés opposés sont paralléles, le quadrilatère est appellé d'un nom général parallélogramme.

Si le parallélogramme a les quatre côtés égaux, & les quatre angles droits, on l'appelle quarré. Fig. 31.

Si tous les côtés ne sont pas égaux, mais que les quatre angles soient droits, on l'appelle quarré-long, parallélogramme rectangle, ou simplement rectangle. Fig. 32.

La ligne tirée dans un parallélogramme d'un angle à l'autre qui lui est opposé, se nomme diagonale, comme la ligne AB, même figure.

Si les quatre côtés sont égaux, & que les angles opposés soient aussi égaux, mais non droits, on l'appelle rhombe ou lozange.

Si des quatre côtés les deux opposés sont égaux, & les angles opposés aussi égaux, mais non droits, le quadrilatère est appellé rhomboïde. II. Planche. Fig. 1.

Ainsi le quarré est équilatèral & équiangle. Le quarré-long est équiangle & non équilatèral. Le rhombe est équilatèral & non équiangle: & le rhomboïde n'est ni équilatèral, ni équiangle. Fig. 2.

Tout quadrilatère, dont les côtés opposés ne sont ni paralléles ni égaux, se nomme trapèze. Fig. 3.

Le cercle est une figure plane, bornée par le contour d'une ligne courbe, qu'on nomme circonférence, laquelle est également éloignée du point du milieu, appellé centre. Fig. 4.

Le demi-cercle est une figure terminée par le diametre & la demi-circonférence. Fig. 5.

Portion, ou segment de cercle, est une figure comprise d'une partie de circonférence, & d'une corde plus petite que le diametre. Il y a le grand & le petit segment. Fig. 4.

Secteur de cercle est une figure faite d'une partie de cercle terminé par deux rayons ou demi-diametres, qui ne font pas même une ligne droite. Il y a le grand & petit secteur. Fig. 6.

L'éllipse, ou ovale, est une figure plus longue que large, comprise sous une seule ligne courbe, dans laquelle les deux plus grandes lignes qu'on puisse tirer à angles droits, s'appellent les axes de l'ellipse; la plus grande ligne s'appelle le grand axe, & l'autre le petit axe. Le centre de l'ellipse est le point où ces deux axes se coupent. Fig. 7.

On appelle figures concentriques celles qui ont un même centre. Fig. 8.

Figures excentriques sont celles qui n'ont pas même centre. Fig. 9.

Figures semblables sont celles qui ont les angles égaux chacun à chacun, c'est-à-dire, que chaque angle d'une figure est égal à chaque angle qui lui correspond dans l'autre figure, & pour lors les côtés d'une figure sont proportionnés aux côtés de l'autre; de sorte que si le côté *a b* est la moitié ou le tiers du côté A B, tous les autres côtés de la petite figure *a b c d* seront pareillement moitié ou tiers des côtés de la grande figure A B C D. Les côtés qui se répondent dans la proportion se nomment homologues; ainsi le côté A B de la grande figure, & le côté *a b* de la petite, sont côtés homologues. Fig. 10.

Figures égales sont celles qui contiennent également; c'est-à-dire, qui contiennent un nombre égal de quantités égales.

Il y a des figures qui sont égales & semblables.

D'autres ſont égales & non ſemblables.

D'autres enfin ſont ſemblables & non égales.

Fig. 11. Figures iſoperimetres ſont celles dont le circuit eſt égal ; ainſi, par exemple, le triangle ABC, & le quarré ABCD, ſont figures iſoperimetres ; puiſque chaque côté du triangle étant 8, ſon circuit eſt 24, & chaque côté du quarré étant 6, ſon circuit eſt auſſi 24 parties égales à celles qui font le circuit du triangle.

Corps ou ſolide eſt ce qui a longueur, largeur & profondeur.

Fig. 12. Sphère, globe ou boule, eſt un ſolide fait par le mouvement entier d'un demi-cercle à l'entour de ſon diametre immobile, qui s'appelle axe, ou aiſſieu de la ſphère.

Fig. 13. Sphèroïque eſt un ſolide fait par le mouvement entier d'une demi-ellipſe, à l'entour d'un de ſes axes, qui s'appelle axe ou aiſſieu du ſphèroïde.

Fig. 14. La Pyramide eſt un ſolide compris par pluſieurs plans triangulaires, ſe rencontrant en un même point, & ayant un polygone pour baſe.

Fig. 15. Cône eſt une eſpéce de pyramide qui a un cercle pour baſe Il eſt fait par le mouvement entier d'un triangle rectangle ; à l'entour de l'un des côtés qui forme l'angle droit, lequel côté eſt l'axe du cône droit.

Fig. 16. Cylindre eſt un ſolide qui a deux cercles pour baſes : il eſt fait par le mouvement circulaire d'un parallelogramme à l'entour d'un de ſes côtés, lequel ſe nomme axe du cylindre.

Fig. 17. Priſme eſt un ſolide qui a pour baſes deux plans paralleles, ſemblables & égaux ; quand ces deux plans paralleles ſont des triangles, il ſe nomme priſme triangulaire.

Fig. 18. Quand les deux baſes du priſme ſont des parallelogrammes, il ſe nomme parallélipipede.

Si les côtés de ces corps ſont perpendiculaires à la baſe, on les appelle droits ou iſoſceles.

S'ils ſont inclinés, on les appelle obliques ou ſcalenes.

Corps régulier eſt celui qui eſt compris de figures régulieres & égales, & duquel tous les angles ſolides ſont égaux.

Angle ſolide eſt la rencontre de pluſieurs plans qui aboutiſſent en un point, comme eſt, par exemple, la pointe d'un diamant.

Il faut au moins trois plans pour faire un angle ſolide.

Il y a cinq ſortes de corps réguliers repréſentés dans la même planche avec leurs dévelopemens ; ſçavoir :

Fig. 19. Le tétraedre compris ſous quatre triangles égaux & équilateraux, c'eſt une pyramide triangulaire qui a ſa baſe égale à ſes faces.

Fig. 20. L'hexaedre ou cube compris de ſix quarrés égaux.

Fig. 21. L'octaedre compris ſous huit triangles égaux & équilateraux.

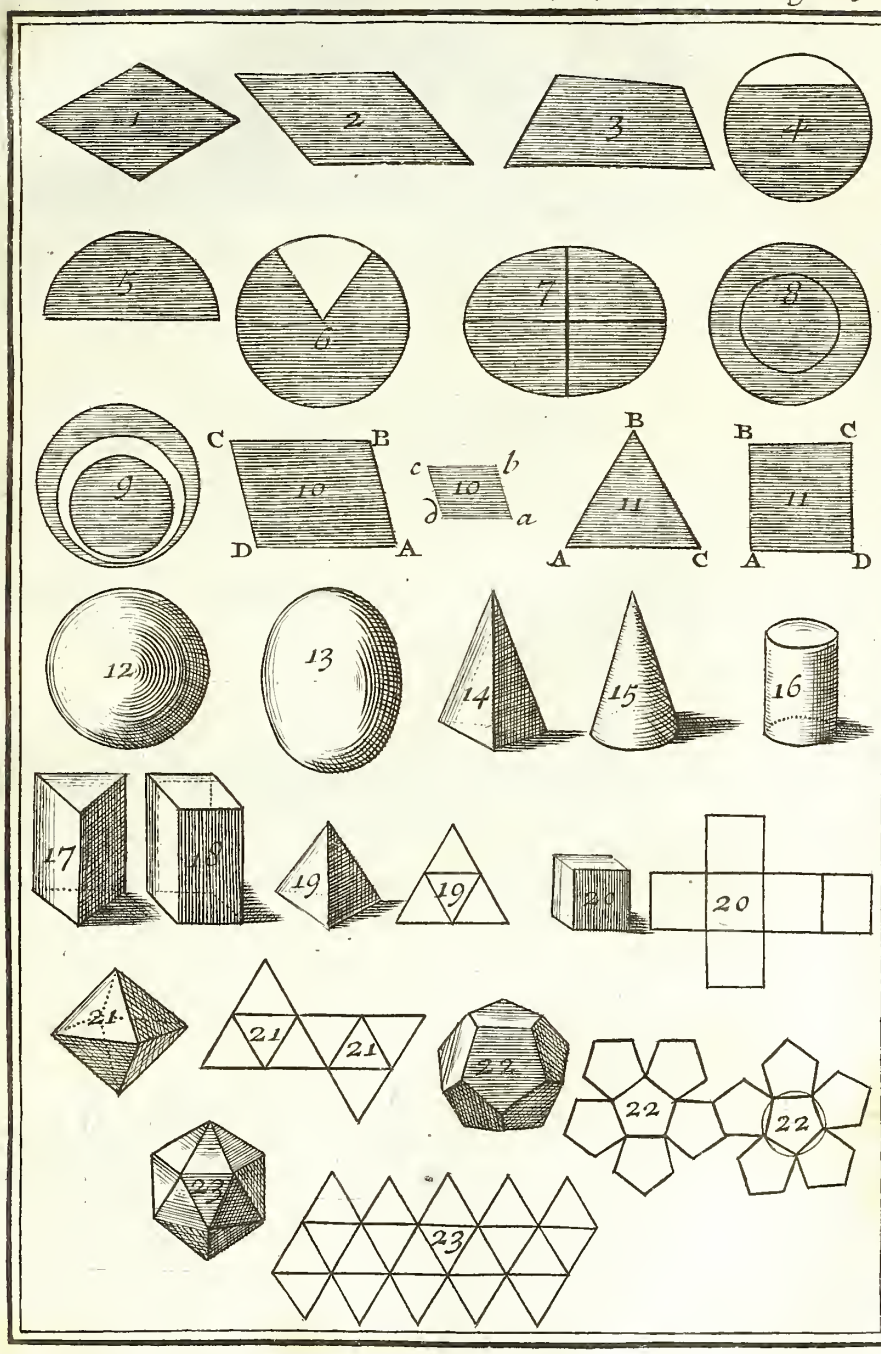
Fig. 22. Le dodécaedre terminé de douze pentagones égaux & équilateraux.

Fig. 23. L'iſoſaedre compris & terminé par vingt triangles égaux & équilateraux.

Les dévelopemens marqués à côté de ces cinq corps réguliers font voir la maniere de les tracer ſur du cuivre ou carton, afin de les découper, & enſuite les rejoindre pour en former leſdits corps.

Tous les autres ſolides ſe peuvent appeller du nom général polyedres, qui ſignifie corps terminés de pluſieurs ſurfaces.

Si dans la ſuite de ce diſcours il ſe trouve quelque choſe dont la définition ne ſoit pas ici compriſe, il ſera défini & expliqué en ſon lieu.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
C
B
10
D
A
c
b
10
d
a
B
11
A
C
B
C
11
A
D
12
13
14
15
16
17
18
19
19
20
20
21
21
21
22
22
22
23
23

CONSTRUCTION
ET USAGE
DES INSTRUMENS
DE MATHÉMATIQUES.

LIVRE PREMIER.

Des INSTRUMENS les plus ordinaires; comme ſont le Compas, la Régle, le Tire-ligne, le Porte-crayon, l'Equerre & le Rapporteur.

CHAPITRE PREMIER.

De la Conſtruction & des Uſages du Compas, de la Régle, du Tire-ligne, & du Porte-crayon.

Il y a pluſieurs ſortes de Compas, dont nous parlerons plus amplement dans la ſuite; mais celui dont nous allons donner les uſages dans ce Chapitre, eſt le Compas ordinaire. Il s'en fait de deux ſortes; ſçavoir, des Compas ſimples qui n'ont que deux pointes fixes, & d'autres qui changent de pointes: les uns & les autres de différentes grandeurs; mais l'ordinaire eſt depuis trois pouces juſqu'à ſix de longueur. A ceux qui changent de pointes, on en met une pour tracer à l'encre, une pour tracer au crayon, & quelquefois une autre où il y a une roulette pour tracer des lignes ponctuées. *III. Planche. Fig. A.*

La bonté d'un compas consiste principalement en ce que le mouvement de sa tête soit bien égal, & qu'il ne saute point en l'ouvrant ou le fermant, que les charnieres soient bien ajustées ; que le corps en soit limé, plat & bien poli ; & enfin que les pointes d'acier soient bien jointes & bien égales. Les figures A donneront l'idéede ces sortes de compas, dont nous expliquerons les constructions au Livre III.

Fig. B. Les régles, soit de cuivre ou de bois, doivent être parfaitement droites en tous sens : on se sert pour les dresser de lime & d'un rabot, dont la semelle de dessous soit d'acier ; comme aussi d'une autre régle bien droite, qu'on frotte l'une contre l'autre par l'épaisseur. Il y a un bizeau à un des bords, afin que l'encre ne saliſſe point le papier ; quand on tire des lignes à l'encre, elles doivent être un peu épaisses.

Pour connoître si une régle est bien droite, tracez une ligne sur du papier, & retournez ladite régle bout pour bout ; si la ligne tracée convient justement le long de la régle, c'est une marque qu'elle est bien droite.

Fig. C. Le tire-ligne est fait de deux lames d'acier jointes ensemble, & attachées au bout d'un balustre, à l'autre bout duquel est un porte-crayon ; les lames doivent être évidées en dedans, afin que l'encre s'y puisse mettre avec une plume ; elles se joignent par les pointes qui doivent être bien égales. Il y a un petit coulant qui sert à ouvrir & fermer plus ou moins le tire-ligne pour tracer les lignes fines ou grosses selon le besoin.

Le porte-crayon doit être bien égal de grosseur par-tout, & fendu bien droit par le milieu avec une scie bien mince ; on le courbe vers le bout, afin qu'on puisse serrer le crayon par le moyen d'un petit anneau, qui doit être tourné bien juste.

USAGE PREMIER.

Diviſer une Ligne droite en deux également.

De la III. Planche. Fig. 1. SOit la ligne donnée A B, laquelle il faut diviſer en deux parties égales. Du point A, comme centre ou des extremités de la ligne, décrivez l'arc de cercle CD d'une ouverture de compas prise à volonté, plus grande ou plus petite que A B, mais cependant plus grande que la moitié de ladite ligne. Décrivez aussi de l'autre extremité B, & de la même ouverture de compas l'arc de cercle E F, coupant le premier arc déja décrit aux points G H, posez la régle sur ces deux interſections, & tirez la ligne G H, elle diviſera la ligne A B en deux parties égales.

Remarquez que ces deux arcs ne pourroient pas s'entrecouper si les ouvertures de compas n'étoient plus grandes que la moitié de la ligne donnée.

USAGE II.

Sur une Ligne droite & d'un point donné, élever une Perpendiculaire.

Fig. 2. SOit la ligne droite donnée AB, & le point donné C, sur lequel il faut élever une perpendiculaire.

Du point donné C, marquez avec le compas sur la ligne donnée les distances

distances égales C A, C B, des points A & B, & d'une ouverture de compas à volonté, mais plus grande que chacune desdites distances, décrivez les arcs D E, F G, s'entrecoupans au point H, tirez la ligne H C, elle sera perpendiculaire sur A B.

Si le point donné C étoit à l'extrémité de la ligne, décrivez de ce point, comme centre, un arc de cercle à la volonté, sur lequel vous porterez deux fois la même ouverture de compas; sçavoir, de B en D, & de D en E. Des points D & E faites deux autres arcs de cercle s'entrecoupans au point F, & mettant la régle sur les points F & C, tirez la ligne F C, laquelle sera perpendiculaire sur l'extrémité de la ligne C B. Fig. 3.

S'il manquoit d'espace pour prendre la grandeur D E, divisez en deux également l'arc B D au point G, & portez la moitié D G de D en H, la ligne H C sera perpendiculaire.

Ou bien ayant tiré par les points B & D la ligne indéfinie B D F, faites la partie D F, égale à B D, & tirez la perpendiculaire F C. Fig. 4.

Ou bien encore ayant choisi le point P à volonté, au-dessus de la ligne donnée dudit point & de l'intervalle P C, décrivez l'arc B C D, tirez la ligne B P, & prolongez-la jusqu'à ce qu'elle coupe ledit arc au point D. De ce point D au point C, tirez la perpendiculaire D C. Fig. 5.

USAGE III.

Abaisser une perpendiculaire sur une ligne donnée d'un point hors de ladite ligne.

Soit le point donné C, duquel il faut abaisser une perpendiculaire sur la ligne A B. Fig. 6.

Du point C. comme centre, décrivez un arc de cercle qui coupe la ligne A B en deux points D E; de ces points D & E, faites la section F, & mettant la régle sur les points C & F, tirez la perpendiculaire C G.

On peut faire la section F au-dessus ou au-dessous de la ligne donnée; mais il est bon qu'elle soit au-dessous, parce que les points C & F étant éloignés, on tire plus justement la perpendiculaire que s'ils étoient proches.

Que si la portion de cercle décrite du point C ne coupe pas la ligne A B en deux points, il faudra continuer la ligne, s'il se peut, sinon il faudra se servir de la derniere méthode ci-devant rapportée pour élever une perpendiculaire à l'extérmité d'une ligne; car dans la même figure 5, supposé qu'on veuille abaisser une perpendiculaire du point D sur la ligne C B, tirez à volonté la ligne D B, divisez-la en deux également au point P; de ce point comme centre & de l'intervalle P D, décrivez l'arc DCB, coupant la ligne A B au point C; posez la régle sur les points C & D, & tirez la ligne C D, elle sera la perpendiculaire requise.

Autrement. Soit la ligne A B & le point donné C hors icelle, duquel il faut abaisser une perpendiculaire. Prenez les deux points 1 & 2 à volonté sur ladite ligne A B; puis des points 1 & 2, & des intervalles 1 C & 2 C, décrivez des arcs de cercle qui s'entrecouperont en deux points; sçavoir, une fois au point C, & l'autre fois au point D, au-dessous de la ligne: posez la régle sur les deux intersections, & tirez une ligne qui sera perpendiculaire sur la ligne A B. Fig. 7.

USAGE IV.

Couper un angle rectiligne en deux également.

Fig. 8. SOit A C B l'angle qu'il faut couper en deux angles égaux.

Du point C, comme centre, décrivez l'arc D E à volonté : des points D & E décrivez deux arcs qui se couperont au point F, du point F par le point C tirez la ligne F C, elle divisera l'angle proposé en deux également.

Si on vouloit diviser en trois l'angle A C B, il faudroit diviser l'arc D E en trois également en tâtonant, pour ainsi dire, avec le compas ; puisque la trisection de l'angle par des lignes droites n'a point encore été trouvée géométriquement.

USAGE V.

Sur un angle donné élever une ligne droite qui n'incline pas plus d'un côté que de l'autre.

Fig. 8. FAites la même opération que dessus, & prolongez la ligne F C G.

USAGE VI.

Sur une ligne droite donnée & d'un point pris en icelle, faire un angle égal à un angle donné.

Fig. 9. SOit A B la ligne donnée, & A le point donné, duquel il faut faire un angle égal à l'angle E F G.

Du point F comme centre, décrivez une portion de cercle ; de la même ouverture de compas décrivez du point A une semblable portion ; prenez avec le compas la grandeur de l'arc E G, & portez cette ouverture sur l'arc B C pour le faire égal ; par les points A & C tirez la ligne A C, l'angle B A C sera égale à l'angle E F G.

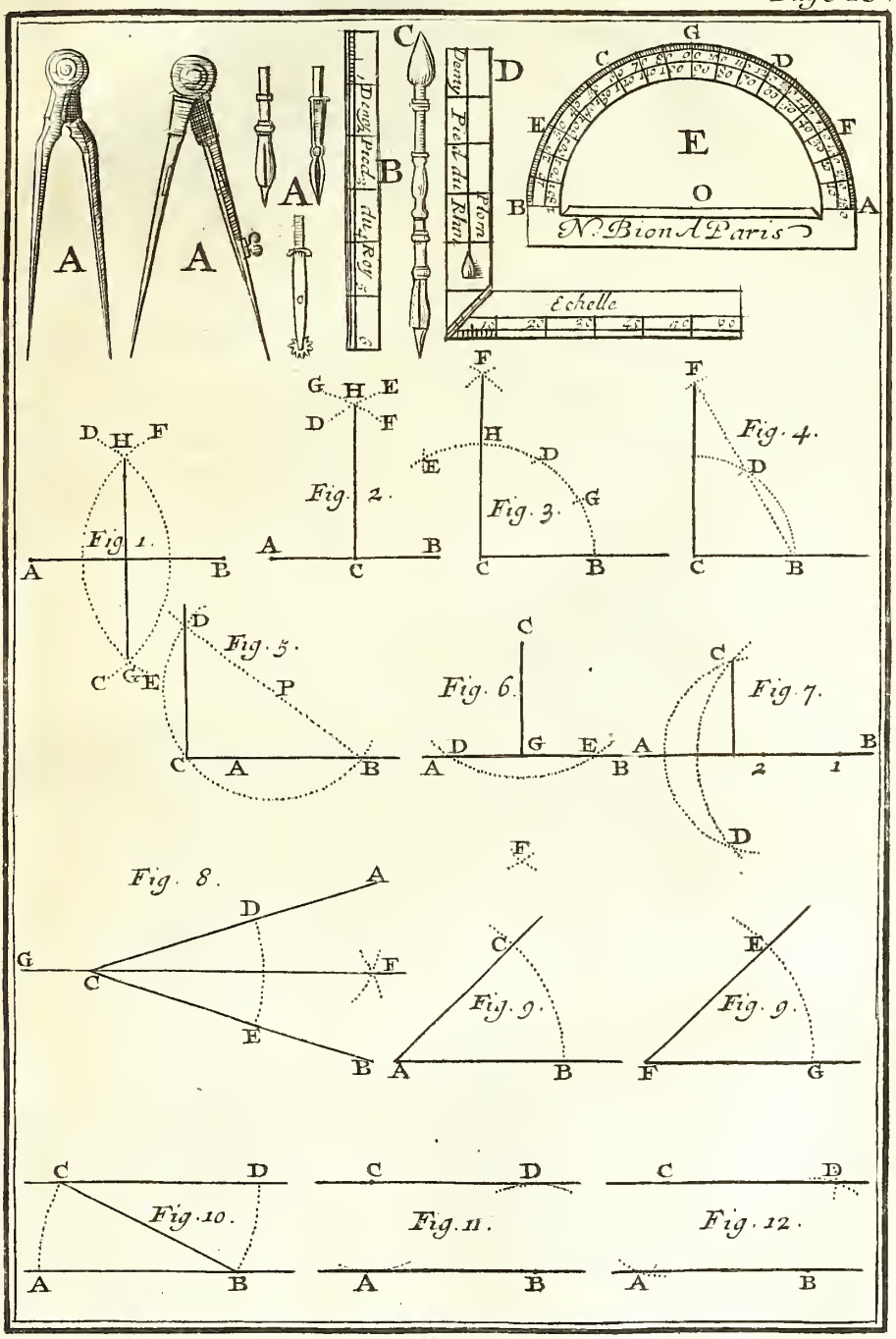
USAGE VII.

D'un point donné mener une ligne parallele à une ligne donnée.

Fig. 10. SOit A B la ligne donnée, & C le point par lequel il faut mener une ligne qui soit parallele à A B.

Du point C, comme centre, & d'une ouverture de compas prise à volonté, faites l'arc D B qui coupera la ligne donnée au point B : dudit point B, comme centre, & de la même ouverture de compas faites l'arc C A ; prenez avec un compas l'ouverture de l'arc C A, & la portez de B en D, pour faire ces deux arcs égaux. Par les points C & D tirez la ligne C D, elle sera parallele à A B.

Fig. 11. Autrement, du point C comme centre, décrivez un arc qui touche la ligne donnée, & d'un autre point pris à volonté sur la ligne A B, décrivez


A
A
A
B
C
D
Demy Pied du Roy
Demy Pied du Rhin
Plom
Echelle
E
O
N. Bion A Paris
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.

avec la même ouverture l'arc D ; par le point C tirez une ligne touchant l'arc D, la ligne C D ſera parallele à la ligne A B.

Mais comme on ne voit pas bien où eſt le point touchant, on pourra ſe ſervir de la maniere ſuivante qui eſt la meilleure.

Du point donné C comme centre, & d'une ouverture de compas à volonté, décrivez un arc qui coupera la ligne A B au point A. Fig. 12.

Et d'un autre point comme B ſur ladite ligne, faites un autre arc de la même ouverture de compas que le précédent ; ouvrez le compas de la diſtance A B, & du point C comme centre faites un arc de cercle qui coupera le précédent au point D, par les points C & D tirez une ligne, elle ſera parallele à A B.

USAGE VIII.

Diviſer une ligne donnée en tant de parties égales qu'on voudra.

LA ligne donnée ſoit A B, qu'il faut diviſer en 8 parties égales. Tirez à volonté la ligne B C, faiſant un angle avec la ligne A B, tirez auſſi la ligne A D parallele à B C, mettez ſur B C, 8 parties égales de telle grandeur qu'il vous plaira, portez les mêmes parties ſur la ligne A D, & des diviſions de l'une à l'autre tirez des lignes, elles diviſeront la ligne A B en 8 parties égales. *IV. Planche* Fig. 1.

Autrement, tirez une ligne *a b*, parallele à A B propoſée à diviſer ; marquez ſur cette ligne *a b*, 8 parties égales à diſcretion : par les extrémités de ces deux paralleles tirez deux lignes, leſquelles formant un triangle s'entrecoupent au point C, duquel point C tirant des lignes aux diviſions faites ſur la ligne *a b*, elles couperont l'autre ligne A B en autant de parties égales. Fig. 2.

Cette diviſion de ligne ſert à faire des échelles de plans ; car s'étant propoſé la ligne A B pour en faire une échelle de 80 parties ou 80 toiſes, chaque partie de cette ligne diviſée en 8, contiendra 10 toiſes ; mais comme il ſeroit difficile de diviſer chacune deſdites parties en 10, il faut des extrémités de la ligne A B élever des perpendiculaires A D, B C, ſur leſquelles il faut mettre 10 parties à volonté, & de ces parties tirer des lignes paralleles à la ligne A B ; on mettra ſur la ligne D C les mêmes diviſions de la ligne A B, & on tirera des lignes tranſverſales A E, 10 F, 20 G, & ainſi des autres. Fig. 3.

On prendra facilement autant de toiſes qu'on voudra ſur cette échelle. Par exemple, ſi on veut en avoir 23 toiſes, on prendra la rencontre de la tranſverſale 20 G avec la 3 parallele qui eſt au point Z, & la grandeur Z 3 ſera de 23 toiſes ; ſi on veut avoir 58 toiſes, on prendra la rencontre de la tranſverſale 50 H avec la 8 parallele qui eſt Y, & la grandeur Y 8, repréſentera 58 toiſes, & ainſi des autres : on pourroit mettre ſur cette échelle les pieds faiſant les lignes paralleles plus éloignées les unes des autres, & ſi elles étoient aſſez éloignées pour être encore ſubdiviſées en 12 parties, on y prendroit les pouces.

Pour diviſer une très-petite ligne en grand nombre de parties, comme en 100, ou en 1000 parties égales. Soit, par exemple, propoſée la ligne A D qu'il faut diviſer en 1000. Fig. 4.

Des extrémités A D élevez les perpendiculaires A B, D C, portez ſur ces perpenduculaires 10 parties égales; tirez par ces diviſions autant de lignes paralleles à A D, diviſez les lignes A D, B C chacune en 10 parties égales, que vous joindrez par autant de perpendiculaires : ſubdiviſez enſuite la premiere diſtance A E & ſa parallele B F en 10 autres parties que vous joindrez par des tranſverſales ou lignes obliques tirées d'un intervalle de diviſion comme du point E au point 1, & ainſi des ſuivantes.

Par ce moyen cette premiere diſtance A E ſe trouvera diviſée en 100 parties égales; c'eſt pourquoi on continuera d'écrire les chifres 200, 300, 400, 500, &c. juſqu'à 1000 au-deſſus & au-deſſous de ladite échelle, qui ſera diviſée en 1000 parties égales, comme l'on voit en la figure 4. On nomme ordinairement cette régle échelle de dixme.

Pour s'en ſervir & y prendre telle partie qu'on voudra, il faut faire comme il a été dit au ſujet de l'échelle repréſentée en la figure précédente. Nous parlerons encore de cette échelle de 1000 parties dans le Chapitre du Compas de proportion.

Il ſe fait auſſi des échelles ſimples des ſinus, des tangentes & ſécantes ſur des régles de cette maniére.

Fig. 6. Par exemple, ſi de tous les dégrés du quart de cercle I F, à commencer du point I, on abaiſſe des perpendiculaires ſur le rayon A I, ces perpendiculaires ſeront les ſinus de tous ces dégrés, dont le plus grand ſera le rayon du cercle ou ſinus total A F, & les longueurs de tous ces ſinus ſe pourront marquer ſur le rayon A F, pour en faire une échelle, à commencer depuis le point A; ainſi les ſinus D K ſont marqués depuis A juſqu'en G, &c.

Et ſi l'on prolonge la tangente I E indéfiniment vers E, & que du centre A on tire des lignes comme A E par tous les dégrés du quart de cercle juſqu'à la tangente I E prolongée, ces lignes ſeront les ſécantes de tous les dégrés, & on verra évidemment que la moindre de toutes les ſécantes eſt plus grande que le rayon A I. Il eſt auſſi évident que toutes le tangentes I E de tous les dégrés ſont terminées par leurs ſécantes A E le long de la ligne I E, qui ſera pour lors l'échelle des tangentes, & c'eſt de cette maniere qu'on pourra faire ces échelles ſimples de ſinus, tangentes & ſécantes, en tranſportant avec un compas ſur une régle, toutes ces diſtances.

Les tables des ſinus, tangentes & ſécantes ſont faites ſur ce principe. Le rayon du cercle ou ſinus de l'angle droit eſt ſuppoſé diviſé en 10000 parties égales, & l'on a calculé combien de ces mêmes parties ſont contenuës à proportion dans tous les ſinus droits, dans les tangentes & dans les ſécantes de tous les angles de minute en minute, depuis une minute juſqu'à 90 dégrés; & l'on a mis ces nombres par ordre, & c'eſt ce qu'on appelle les tables de ſinus, tangentes & ſécantes. que vous trouverez page 263.

Les logarithmes ſont des nombres en progreſſion arithmetique que l'on fait répondre à d'autres nombres en progreſſion géométrique, dont ils ſont les logarithmes, comme le marquent les deux progreſſions ſuivantes.

Prog. géom. nomb. 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 256, &c.

Prog. arith. logarith. 0 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, &c. & les logarithmes ont été inventés pour abréger les multiplications par de ſimples additions, & les diviſions par de ſimples ſouſtractions. Voyez-en les exemples page 332.

où le 2me terme des analogies eſt ajouté au 3me, & de leur ſomme ſouſtrait le premier, pour avoir au quotien le logarithme 4me, cherché au lieu que par les nombres naturels on multiplie le 2me terme par le 3me & le produit eſt diviſé par le premier pour avoir au quotien le 4me cherché. On épargne donc par les logarithimes un travail infini, principalement les calculs aſtronomiques.

Pour avoir la racine quarrée d'un nombre naturel, diviſez ſon logarithme en deux, la moitié ſera le logarithme d'un nombre naturel qui ſera la racine quarrée qu'on cherche, & le tiers du logarithme d'un nombre naturel ſera le logarithme de ſa racine cubique.

L'uſage de ces tables eſt expliqué dans les livres des tables de ſinus, tangentes, ſécantes & logarithmes.

USAGE IX.

Oter d'un ligne donnée telle partie qu'on voudra.

SOit A B, la ligne donnée de laquelle il faut retrancher la quatriéme partie. Fig. 5.
Tirez la ligne indéfinie A C, faiſant un angle avec la ligne A B, portez ſur la ligne A C quatre parties à diſcrétion; de la derniere diviſion tirez la ligne B 4, & tirez enſuite la ligne 1 D, parallele à B 4, A D ſera la quatriéme partie de A B.

USAGE X.

Mener une ligne droite qui touche le cercle par un point donné.

SI le point donné B touche la circonférence du cercle, tirez le crayon A B, & du point B élevez la perpendiculaire B C qu'il faut prolonger, elle ſera tangente au cercle. Fig. 6.

Mais ſi le point donné B étoit hors le cercle, tirez du centre A au point donné B une ligne droite, que vous diviſerez en deux également au point D, duquel comme centre & intervalle B D décrivez un demi-cercle qui coupera le cercle au point E, tirez B E, elle ſera tangente. Fig. 7.

Mais ſi le cercle étant donné avec une ligne qui le touche, on cherche le point d'attouchement, du centre du cercle abaiſſez la perpendiculaire A B ſur la touchante, le point où elle la coupera ſera celui d'attouchement. Fig. 8.

USAGE XI.

Sur une ligne droite donnée, décrire une ligne ſpirale qui faſſe autant de révolutions qu'on voudra.

SOit la ligne donnée A B, ſur laquelle on veut décrire une ſpirale qui faſſe trois révolutions: diviſez premiérement cette ligne en douze parties égales au point C, duquel point comme centre décrivez undemi-cercle dont le diametre ſoit toute la ligne donnée A B; diviſez enſuite le demi-diametre A C en trois également aux points D E, & du même centre C tracez du même côté deux autres demi-cercles paſſans par les points des diviſions D E, ſubdiviſez encore l'eſpace C E en deux également au point Fig. 9.

F, duquel point comme centre décrivez de l'autre côté de la ligne trois autres demi-cercles, & la ſpirale de trois révolutions ſera achevée. Si l'on veut que la ligne ſpirale faſſe quatre révolutions, il n'y a qu'à diviſer en quatre le demi-diametre A C.

USAGE XII.

Sur une ligne droite donnée décrire un triangle équilateral.

Fig. 10. SOit A B la ligne donnée ſur laquelle il faut faire un triangle équilateral. Du point A pour centre & de l'intervalle A B, décrivez un arc de cercle : du point B pour centre & de l'intervalle B A, décrivez un autre arc de cercle qui coupera le précédent au point C ; tirez les lignes C A, C B, le triangle A B C ſera équilateral.

Fig. 11. Pour décrire un triangle iſoſcele ſur la ligne A B, il faut ouvrir le compas plus grand que toute la ligne, ou plus petit, & faire le reſte comme ci-devant.

USAGE XIII.

Faire un triangle égal & ſemblable à un autre triangle propoſé.

Fig. 12. SOit le triangle donné A B C, auquel il en faut faire un ſemblable comme D E F.

Fig. 13. Faites la ligne D E égale à A B ; du point D pour centre & pour rayon A C décrivez un arc ; du point E pour centre & pour rayon B C décrivez un autre arc qui coupera le précédent au point F, tirez les lignes D F, E F, & le triangle ſera égal & ſemblable au triangle propoſé.

USAGE XIV.

Sur une ligne donnée, faire un triangle ſemblable à un autre, ſans qu'il lui ſoit égal.

Fig. 14. SOit la ligne donnée H I, ſur laquelle il faut faire un triangle ſemblable, mais non égal au triangle A B C.

Fig. 15. Faites l'angle H égal à l'angle A, & l'angle I égal à l'angle B ; tirez les lignes H G, I G juſqu'à ce qu'elles ſe rencontrent, le triangle H I G ſera le requis.

USAGE XV.

Faire un triangle de trois lignes droites égales à trois lignes données, dont les deux plus courtes priſes enſemble ſoient plus longues que la troiſiéme.

Fig. 16. SOient les trois lignes droites propoſées A, B, C. Faites la ligne droite D E égale à la ligne A, du point E pour centre & pour rayon la grandeur de la ligne B, décrivez une portion de cercle ; pareillement de D comme centre, & pour rayon la grandeur de la ligne C, décrivez une autre portion de cercle, coupant la premiere au point F, tirez les lignes droites F D, F E, & le triangle D F E ſera le propoſé.

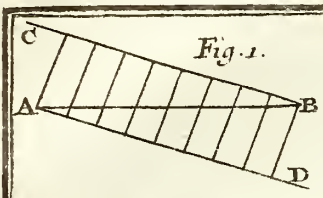


Fig. 1.

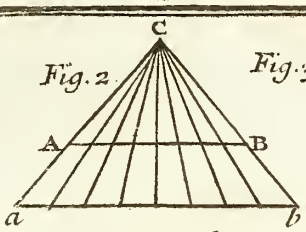


Fig. 2.

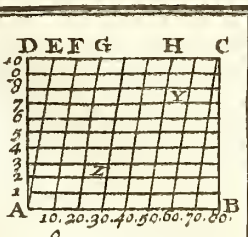
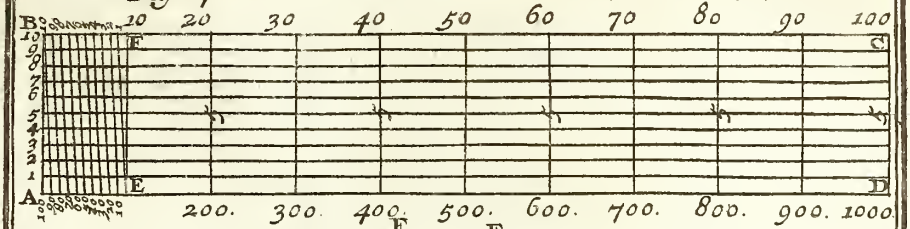


Fig. 3.

Fig. 4.



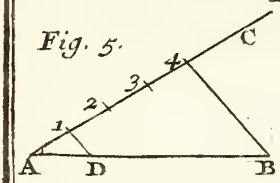


Fig. 5.

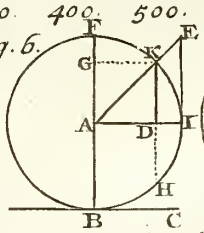


Fig. 6.

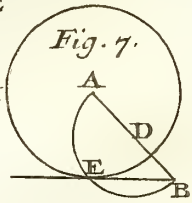


Fig. 7.

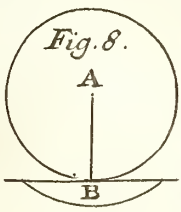


Fig. 8.

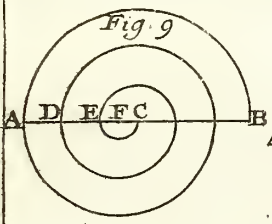


Fig. 9

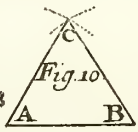


Fig. 10

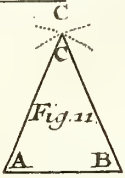


Fig. 11

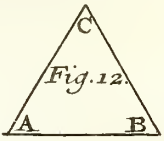


Fig. 12.

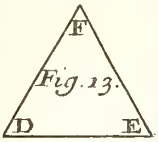
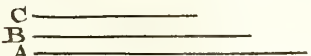


Fig. 13.



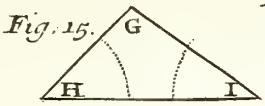


Fig. 15.

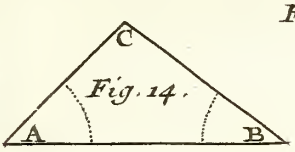


Fig. 14.

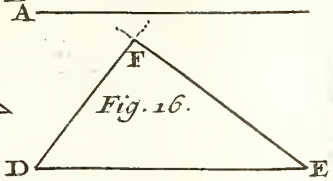


Fig. 16.

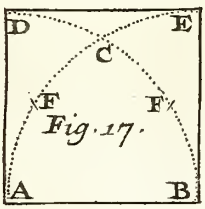


Fig. 17.

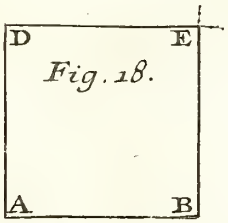


Fig. 18.

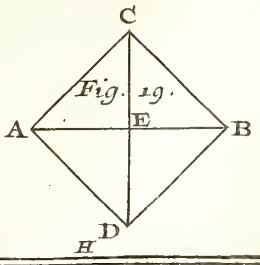


Fig. 19.

USAGE XVI.

Sur une ligne droite donnée, décrire un quarré.

SOit la ligne droite donnée A B, ſur laquelle il faut décrire un quarré, dont A B ſoit un côté. Du point A pour centre, & A B pour rayon, décrivez l'arc B D, & du point B l'arc A E, s'entrecoupant au point C. Diviſez l'arc C A, ou C B en deux également au point F. Faites les intervalles C E & C D égaux à C F; tirez les lignes A D, B E, D E, le quarré ſera fait. Fig. 17.

Autrement : ſur l'extrémité de la ligne A B, élevez la perpendiculaire A D égale à A B, du point D pour centre, & de la grandeur A B, faites un arc; du point B, & de la même ouverture de compas faites un autre arc, coupant le premier au point E, tirez les lignes A D, D E & E B, le quarré ſera achevé. Fig. 18.

Dans la pratique précédente la ligne A B a été donnée pour être le côté d'un quarré; mais ſi on propoſoit cette ligne pour en être la diagonale, il faudroit la diviſer en deux également par la perpendiculaire C D, faire les parties E C, E D égales à A E & B E, & tirer les quatre lignes A C, C B, B D, & D A. Fig. 19.

On donnera dans les uſages du rapporteur & du compas de proportion des manieres de conſtruire les polygones réguliers ſur une ligne donnée, parce que la pratique en eſt plus facile. Mais en attendant, voici une méthode générale où il n'eſt beſoin que du ſimple compas & de la régle.

USAGE XVII.

Inſcrire dans un cercle tel polygone régulier qu'on voudra.

SOit propoſé pour exemple à faire un pentagone; ſi le cercle eſt donné, diviſez ſon diametre A B en cinq parties égales par l'uſage 8; mais s'il n'eſt pas donné, tirez au crayon une ligne indéfinie, pour ſervir de diametre, laquelle étant diviſée en cinq parties égales, ouvrez le compas de toute la grandeur du diametre, pour décrire deux arcs qui s'entrecoupent au point C, comme pour former un triangle équilateral; puis ayant tracé un cercle autour de ce diametre, mettez la régle ſur ledit point C, & ſur le ſecond point de diviſion du diametre, pour tirer une ligne qui coupera la circonférence du cercle au-deſſous du diametre au point D, l'arc A D ſera à peu près la cinquiéme partie de ladite circonférence; c'eſt pourquoi l'ouverture A D diviſera le cercle en cinq également, & tirant cinq lignes droites, on aura le pentagone propoſé. V. Planche Fig. 1.

Cette méthode eſt générale pour faire toutes ſortes de polygones réguliers; car pour faire, par exemple, un eptagone, il n'y a qu'à diviſer en ſept le diametre A B, c'eſt-à-dire, en autant de parties, que la figure doit avoir de côtés, & tirer toujours la ligne du point C par le ſecond point de diviſion du diametre.

Pour ce qui eſt de l'éxagône, la conſtruction en eſt plus ſimple, puiſ-

que, ſans aucune préparation, le rayon ou demi-diametre du cercle diviſe la circonférence en ſix parties égales.

Pour le dodécagone, il n'y a qu'à ſubdiviſer en deux parties égales l'arc de l'exagone.

De même, pour le décagone, il faut diviſer en deux l'arc du pentagone.

Ce problême eſt à peu-près le même que celui qui eſt décrit au Chapitre 17 du *premier Livre des Fortifications* du Chevalier de Ville, excepté que pour diviſer le cercle, il tire une ligne de l'angle extérieur du triangle équilateral par le premier point de diviſion du diametre, & qu'enſuite il double l'arc du cercle; mais par ce moyen il s'éloigne davantage de l'exactitude : car, par exemple, en la deſcription du pentagone, l'angle du centre eſt trop grand de quarante-quatre minutes, à l'eptagone il eſt trop grand d'un dégré cinq minutes; & ainſi l'erreur s'augmente aux polygones qui ont plus de côtés : au lieu que faiſant paſſer cette ligne par le ſecond point de diviſion du diametre, l'angle au centre du pentagone n'eſt trop petit que d'environ deux minutes; & à l'eptagone, il eſt trop grand de ſix minutes, qui ſont des erreurs beaucoup moindres, & preſqu'inſenſibles dans l'inſcription de ces polygones.

USAGE XVIII.

Par trois points donnés faire paſſer la circonférence d'un cercle, pourvû qu'ils ne ſoient pas en ligne droite.

Fig. 2. SOient les trois points donnés A, B, C; du point A au point B tirez une ligne, & du point B au point C une autre : diviſez-les en deux également par les lignes D E, F G, leſquelles ſe rencontreront au point H, qui ſera le centre du cercle : du point H pour centre, & de l'intervalle H A, ou H B, H C, décrivez le cercle.

Par cette méthode on acheve une circonférence commencée, en y prenant trois points, comme ſeroient les trois points A, B, C, & faiſant le reſte comme ci-devant.

USAGE XIX.

Trouver le centre d'un cercle.

Fig. 3. SOit le cercle donné A B C D, duquel il faut trouver le centre. Tirez dans le cercle la ligne A B, diviſez-la en deux également par la ligne C D, diviſez la ligne C D en deux par la ligne E F, laquelle coupera la ligne C D au point G, qui ſera le centre du cercle.

USAGE XX.

Tracer une ligne droite égale à la circonférence d'un cercle, & faire une circonférence de cercle égale à une ligne droite propoſée.

Fig. 4. SOit le cercle donné A B C D, dont on veut réduire la circonférence en ligne droite; portez ſur une ligne droite trois fois le diametre du cercle, & de plus une ſeptiéme partie du même diametre qu'il y faut ajouter.

ajoûter. La ligne G H ſera à peu près égale à ladite circonférence : nous diſons à peu près, car c'eſt en cela que conſiſte la quadrature du cercle, laquelle n'a point encore été trouvée géométriquement.

Si la ligne GH étoit donnée pour la réduire en circonférence, il la faudroit diviſer en vingt-deux parties égales, & en prendre ſept pour le diametre du cercle, ou trois & demi pour ſon rayon.

USAGE XXI.

Décrire une ovale ſur une ligne donnée.

SOit A B la ligne droite donnée, ſur laquelle il faut décrire une ovale. Fig. 5.
Diviſez-la en trois parties égales, aux points C & D ; ſur la partie C D décrivez des triangles équilateraux, dont vous prolongerez les côtés ; des points C & D, & intervalle C A, D B, décrivez des portions de cercle juſqu'aux côtés des triangles, prolongeo aux points EF & G H ; des points I & K pour centre, & pour rayon la grandeur I E, ou I G décrivez l'arc E G d'une part, & l'arc F H de l'autre, vous aurez une ovale.

On en peut tracer d'autres plus grandes ou plus petites par cette même maniere, comme on peut voir par celles qui ſont marquées de points dans la même figure.

USAGE XXII.

Décrire une ellipſe mathématique, dont les deux axes ou diametres ſont donnés.

SOit le grand axe A B, & le petit axe C D, ſe coupans par le milieu à angles droits au point G. Fig. 6.

Prenez avec un compas ou un cordeau la grandeur de la moitié du grand axe, c'eſt-à-dire, A G, ou G B ; portez cette ouverture en C, & de ce point, comme centre, décrivez un arc de cercle qui coupera le grand axe d'un côté en E, & l'autre en F ; ces points E & F ſeront les foyers, auſquels il faudra mettre de petits points comme des têtes d'épingle ou des piquets, ſi le plans eſt aſſez grand, comme ſeroit un jardin : attachez aux points E & F un cordeau égal au grand axe, dont le milieu paſſera par le point C. Mettez dans le pli que fait ce cordeau un crayon ou un piquet, que vous ferez mouvoir, en bandant régulierement le cordeau juſqu'à ce que vous ayez parcouru les extrémités des diametres propoſés.

On appelle ordinairement cette figure l'ovale du jardinier, & c'eſt la plus ſimple & la plus facile de toutes les méthodes pour décrire une ovale ; mais il faut que le plan ſoit aſſez grand.

Si l'on augmente ou diminue la longueur de la corde, ſans changer la diſtance des foyers, on aura des ellipſes d'une autre eſpéce. De-même, ſi ſans changer la longueur de la corde, on diminuoit la diſtance des foyers, on auroit encore des ellipſes d'une autre eſpéce ; & ſi à force de les approcher, on les joint tout-à-fait, on décrira un cercle. Mais ſi l'on augmente ou diminue la longueur du grand diametre & de la corde qui lui

eſt égale en même proportion que la diſtance des foyers, on tracera des ellipſes toutes de même eſpéce, quoique différentes en grandeur.

Autre maniere de tracer l'ellipſe.

Fig. 7. LEs deux foyers E, F, étant marqués comme en la figure précédente; on trouvera autant de points qu'on voudra dans la circonférence de l'ellipſe, en cette ſorte. Ouvrez le compas à diſcrétion, mais un peu davantage que la diſtance A F; comme par exemple, de la grandeur A I, mettez une des pointes du compas au foyer F, & de l'autre pointe tracez l'arc O R; ouvrez enſuite le compas de la diſtance I B, qui eſt le reſte du grand axe, poſez une de ſes pointes à l'autre foyer E, & de cette ouverture tracez l'arc S T, le point d'interſection P de ces deux arcs donnera un des points de la circonférence de l'ellipſe. Faiſant le même des ouvertures de compas A L, L B, on aura le point d'interſection H, en traçant toujours des foyers F & E. Enfin ouvrant le compas de différentes grandeurs, on aura tant d'autres points qu'on voudra dans la circonférence, leſquels étant joints par une ligne courbe, l'ellipſe ſera achevée.

Il eſt à remarquer que chaque ouverture de compas ſert à trouver quatre points en diſtance égale des axes. Si d'un point pris à volonté dans la circonférence de l'ellipſe, on tire deux lignes droites juſqu'aux foyers F, E, ces deux lignes P F & P E jointes enſemble, ſont égales à ſon grand axe B A, comme il ſe voit par la même figure.

USAGE XXIII.

Faire une figure égale & ſemblable à une autre.

Fig. 8. SOit la figure propoſée A B C D E, à laquelle on en veut faire une égale & ſemblable.

Diviſez-la en triangles par les lignes A C, A D; tirez enſuite la ligne *a b*, égale à A B; du point *b* & grandeur B C décrivez un arc; du point *a* & grandeur A C, décrivez un autre arc, coupant le précédent au point *c*: tirez la ligne *b c*, faites le même pour tous les autres côtés, & la figure *a b c d e* ſera ſemblable à la propoſée A B C D E.

USAGE XXIV.

Réduire des figures de grand en petit, & de petit en grand.

Fig. 9. ON donne ici pluſieurs manieres de réduire les plans, parce que cela eſt d'un grand uſage; chacun prendra celle dont il s'accommodera le mieux.

Premierement, on peut réduire une figure, en prenant un point en dedans, & tirant des lignes à tous les angles. Soit pour exemple la figure A B C D E propoſée à réduire en petit.

Prenez le point F environ dans le milieu de la figure; tirez des lignes à tous les angles A B C D E, menez la ligne *a b* parallele à la ligne A B, la ligne *b c* parallele à B C, & ainſi des autres, & vous aurez la figure *a b c d e* ſemblable, mais plus petite que la figure A B C D E.

Si l'on veut avoir une figure plus grande, il n'y a qu'à prolonger les lignes tirées du centre de la figure, & mener des paralleles à ſes côtés.

Réduire la figure par l'échelle.

MEſurez tous les côtés de la figure propoſée A B C D E avec ſon échelle G H ; ayez une échelle plus petite K L qui contienne autant de parties égales que la grande. Faites le côté *a b* d'autant de parties de la petite échelle, que le côté A B en contient de la grande. Faites *b c* d'autant de parties que B C, *a c* d'autant que A C, & ainſi des autres côtés, vous aurez votre figure réduite en petit. Fig. 10.

Pour la réduire de petit en grand, on fera une échelle plus grande que celle de la figure propoſée, & le reſte ſe fera de la même maniere.

Réduire les plans par l'angle de proportion.

SOit la figure propoſée A B C D E, qu'il faut diminuer en même proportion que la ligne A B eſt à la ligne *a b*. Fig. 11.

Tirez la ligne indéfinie G H, prenez la grandeur A B, & la portez de G en H ; du point G décrivez l'arc H I ; prenez la grandeur du côté donné *a b*, pour être la corde de l'arc A I, tirez la ligne G I, l'angle I G H donnera toutes les meſures du plan qu'on s'eſt propoſé de réduire ; car pour avoir le point C, prenez la grandeur B C, & du point G décrivez l'arc K L. Prenez la corde K L, & du point *b* comme centre décrivez un petit arc. Prenez la grandeur A C, & du point G décrivez l'arc M N, & du point *a* décrivez un arc de cercle qui coupera le précédent au point C, qui ſera celui qu'il faut avoir pour tirer le petit côté *b c*. Faites la même choſe pour tous les autres angles & côtés de la figure.

Si vous voulez par cette maniere réduire de petit en grand, vous ferez la même choſe ; mais il faut que le côté de la figure qu'on veut augmenter ſoit moindre que le double de celui qui lui répond. Si vous voulez, par exemple, réduire en grand la figure *a b c d e*, il faut que le côté A B de la grande ſoit moindre que le double du côté *a b* de la petite ; car s'il étoit double, les deux lignes qui doivent former l'angle I G H ſe rencontreroient directement, & feroient une ligne droite.

Réduire une figure par les quarreaux.

CEtte maniere de réduire ſert particulierement pour copier une carte, & pour l'augmenter, ou diminuer.

Soit pour exemple la carte A B C D à réduire en petit ; diviſez-la par quarreaux ; faites une ſemblable figure *a b c d* qui ſoit plus petite ; diviſez-la en autant de quarreaux, mais plus petits, & deſſinez dans chaque quarreau de la petite figure ce qui eſt en chaque quarreau correſpondant de la grande figure, & vous aurez une carte plus petite. Plus il y aura de quarreaux, plus la figure ſera juſte. Fig. 12.

CHAPITRE II.

De la construction & usage de l'Equerre.

De la III. Planche. Fig. D.

L'Equerre est un instrument qui sert à élever des perpendiculaires, & à connoître si une ligne tombe perpendiculairement sur une autre. Elle est composée de deux régles de cuivre ou autre métal, assemblées de telle maniere, qu'elles forment un angle droit. Il s'en fait où les deux régles ou branches sont attachées fixément, & d'autres qui s'ouvrent & se ferment par le moyen d'une charniere qui doit être bien juste, afin qu'elle ne vacille point, & qu'elle conserve toujours son angle droit.

On ajuste pour cela dans un petit canal fait à l'angle d'une des branches de l'équerre trois charnons ou petit bouts de cylindre, coupés bien droits, d'une longueur & grosseur convenables à la longeur & épaisseur de l'équerre. Ces charnons doivent être éloignés l'un de l'autre de maniere qu'ils puissent recevoir juste deux autres charnons qui sont ajustés de même à l'autre branche de l'équerre. Ces charnons étant ainsi arrêtés, on les soude aux branches, & ensuite on les unit l'un à l'autre par le moyen d'une goupille qui rempliſſe juste le trou des charnons, afin que le mouvement soit ferme.

Il y a des équerres où l'on met un fil avec un petit plomb, pour servir de niveau, c'est-à-dire, pour mettre un plan horisontalement.

On met souvent sur un des côtés de l'équerre plusieurs mesures ou échelles, & sur l'autre un demi-pied divisé en six pouces, dont un est subdivisé en douze lignes. On y ajoûte quelquefois plusieurs mesures étrangères, dont on connoît le rapport avec le pied de Paris.

USAGE PREMIER.

Elever d'un point donné une ligne perpendiculaire sur une ligne donnée.

V. Planche. Fig. 13.

SOit la ligne donnée A B, & le point donné C dans la ligne ou hors la ligne.

Appliquez un des côtés de l'équerre sur la ligne donnée, en telle sorte que l'autre côté touche le point donné, & tirez la ligne C D, elle sera perpendiculaire. Si l'on retourne l'équerre, en remettant dessus ce qui étoit dessous, & que l'on tire une autre ligne C D, on connoîtra si l'équerre est bien juste; car en ce cas ces deux lignes tirées par le point C, ne seront qu'une seule & même ligne.

USAGE II.

Connoître si une ligne est perpendiculaire sur une autre; c'est-à-dire, si elles font un angle droit.

APpliquez un des côtés de l'équerre sur une des lignes, & voyez si l'autre côté correspond justement à l'autre ligne, comme on voit

en la même figure. Ces pratiques ſont aiſées à faire, c'eſt pourquoi on n'en fait pas un long diſcours.

CHAPITRE III.

De la conſtruction & des uſages du Rapporteur.

LE Rapporteur eſt un demi-cercle diviſé en 180 dégrés, d'autant que le cercle ſe diviſe en 360 dégrés, comme il a été dit dans les définitions.

Il doit être limé plat d'un côté, pour être mieux appliqué ſur le papier, & l'autre côté doit être en talu, c'eſt-à-dire mince ſur le bord où eſt la diviſion. Le centre doit être marqué par une petite hoche demi-circulaire, afin de mieux découvrir le point où doit aboutir la pointe de l'angle. *De la III. Planche. Fig. E.*

Méthode pour faire cette diviſion.

SUr la ligne A B & du centre O, décrivez un demi-cercle, portez le rayon ou le demi-diametre A O autour de la circonférence, il la diviſera en trois arcs égaux de 60 dégrés chacun aux points C & D, parce que le rayon d'un cercle eſt contenu ſix fois en ſa circonférence. Diviſez l'arc B C en deux également au point E, l'arc B E ſera de 30 dégrés, & tournant cette ouverture autour du demi-cercle, il ſera diviſé en ſix arcs égaux. Diviſez les encore en trois parties égales, chacune ſera de dix dégrés. Diviſez chaque dixaine en deux, vous aurez des arcs de cinq dégrés chacun; & enfin ſubdiviſant chacun de ces derniers arcs en cinq, tout le demi-cercle ſera diviſé en 180 dégrés. *De la III. Planche. Fig. E.*

C'eſt de la même maniere qu'on peut diviſer tout le cercle en 360 dégrés; nous en parlerons encore dans la ſuite. On fait auſſi quelquefois des rapporteurs de corne; ils ſont aſſez commodes, en ce qu'ils ſont tranſparens; mais il faut les tenir dans un livre, quand on ne s'en ſert pas, afin que la corne ne ſe ride point.

USAGE PREMIER.

Faire des angles de telle grandeur que l'on veut.

SOit, par exemple, propoſé de faire au point A un angle de 50 dégrés ſur la ligne C A B. *De la V. Planche. Fig. 1.*

Mettez le centre du rapporteur qui eſt marqué par une petite cavité ſur le point A, en telle ſorte que le diametre du demi-cercle ſoit ſur la ligne A B. Marquez un point de crayon vis-à-vis le cinquantiéme dégré, & de ce point tirez au point A une ligne, elle ſera avec la ligne A B un angle de cinquante dégrés.

USAGE II.

L'angle B A D étant donné, ſçavoir ce qu'il contient de dégrés.

Fig. 14. METtez le centre du rapporteur au point A, & ſon rayon ſur le côté B C; remarquez à quel dégré la ligne A D coupe la circonférence, vous connoîtrez que l'angle B A D eſt de 50 dégrés.

USAGE III.

Pour inſcrire dans un cercle tout polygone régulier.

Fig. 15. POur cette opération, il faut connoître de combien de dégrés eſt l'angle du centre de chaque polygone régulier : ce qui ſe trouve en diviſant 360 dégrés de la circonférence du cercle par le nombre des côtés du polygone propoſé. Ainſi par exemple, diviſant 360 par 5, le quotient 72 fait voir que l'angle du centre d'un pentagone eſt de 72 dégrés. En diviſant 360 par 8, le quotient 45 fait connoître que l'angle du centre d'un octogone eſt de 45 dégrés, & ainſi des autres.

En connoiſſant l'angle du centre, on trouve l'angle formé par les deux côtés du polygone, en ôtant de 180 dégrés l'angle du centre. Ainſi ôtant de 180 dégrés l'angle du centre d'un pentagone qui eſt de 72 dégrés, reſte 108 pour l'angle du polygone, c'eſt-à-dire, l'angle formé par les deux côtés dudit pentagone.

De même ôtant de 180 l'angle du centre d'un octogone, qui eſt 45 dégrés, reſte 135 pour ſon angle de polygone.

C'eſt pourquoi ſi l'on propoſe d'inſcrire un pentagone dans un cercle, mettez le centre du rapporteur au centre du cercle, & faiſant convenir le diametre du rapporteur avec le diametre du cercle, marquez un point vis-à-vis les 72 dégrés de la circonférence du rapporteur, lequel étant ôté, tirez une ligne du centre du cercle par ce point que vous avez marqué, juſqu'à ce qu'elle coupe la circonférence au point C. Prenez avec le compas l'ouverture de l'arc B C, elle diviſera le cercle en cinq parties égales, &, tirant cinq lignes, le pentagone ſera inſcrit.

S'il s'agit de faire un eptagone, diviſez trois cens ſoixante par ſept, le quotient 51 dégrés & trois ſeptiémes, fait voir que l'angle du centre doit être de 51, & à peut près & demi. C'eſt pourquoi ayant placé le rapporteur au centre & ſur le diametre du cercle, marquez un point vis-à-vis 51 dégrés & demi de la circonférence du rapporteur, la ligne tirée du centre du cercle par ce point marquera ſur la circonférence la ſeptiéme partie du cercle ; après quoi il ſera facile d'achever l'eptagone.

Il y a des rapporteurs ſur leſquels ſont gravés des nombres qui marquent les polygones réguliers, pour épargner la peine de faire les diviſions. Le nombre 5 qui ſignifie le pentagone eſt marqué vis-à-vis 72 dégrés de la circonférence ; le nombre 6, qui ſignifie l'exagone, eſt marqué vis-à-vis 60 dégrés ; le nombre 7, qui ſignifie l'eptagone, eſt marqué vis-à-vis les 51 dégrés & demi, &c.

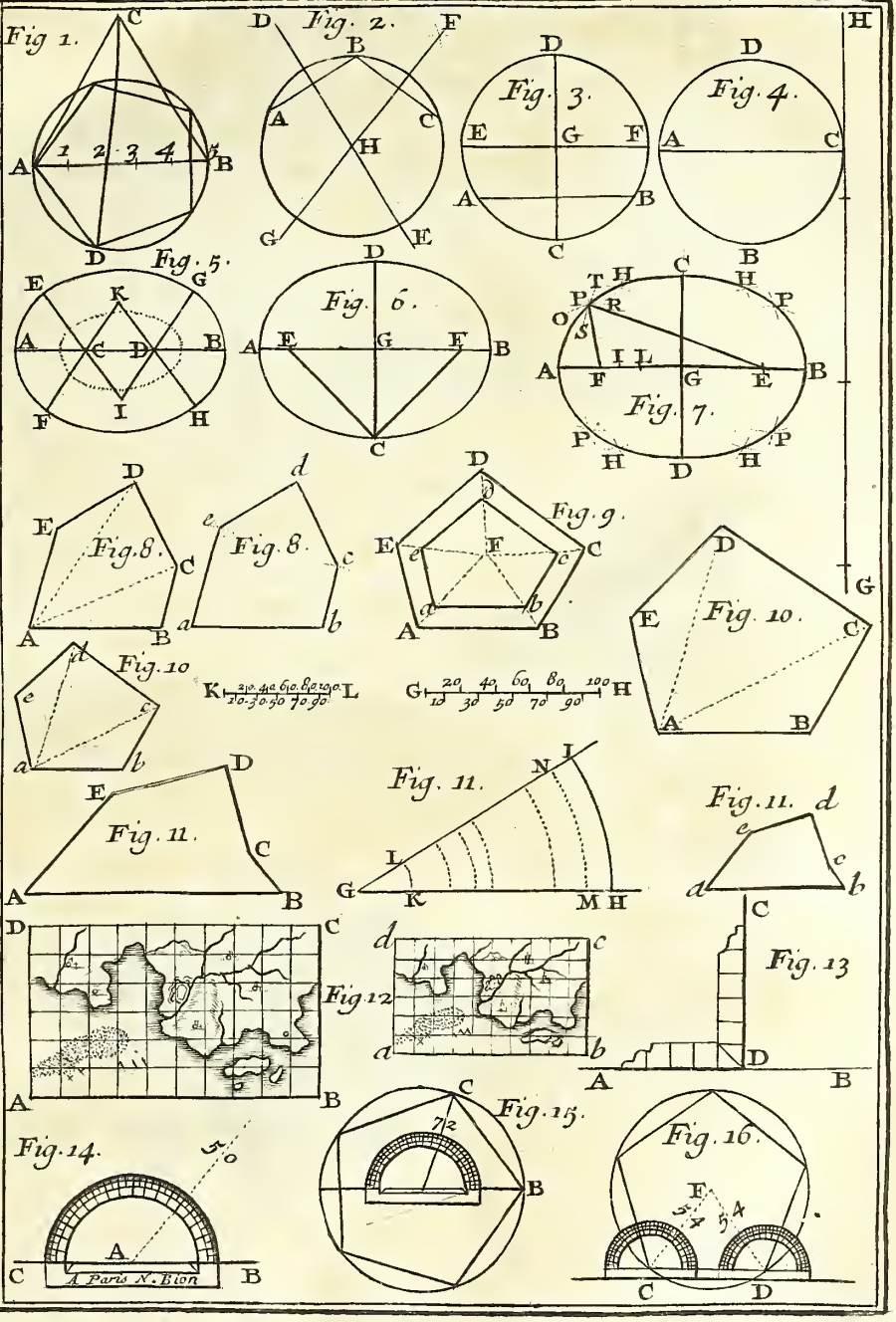
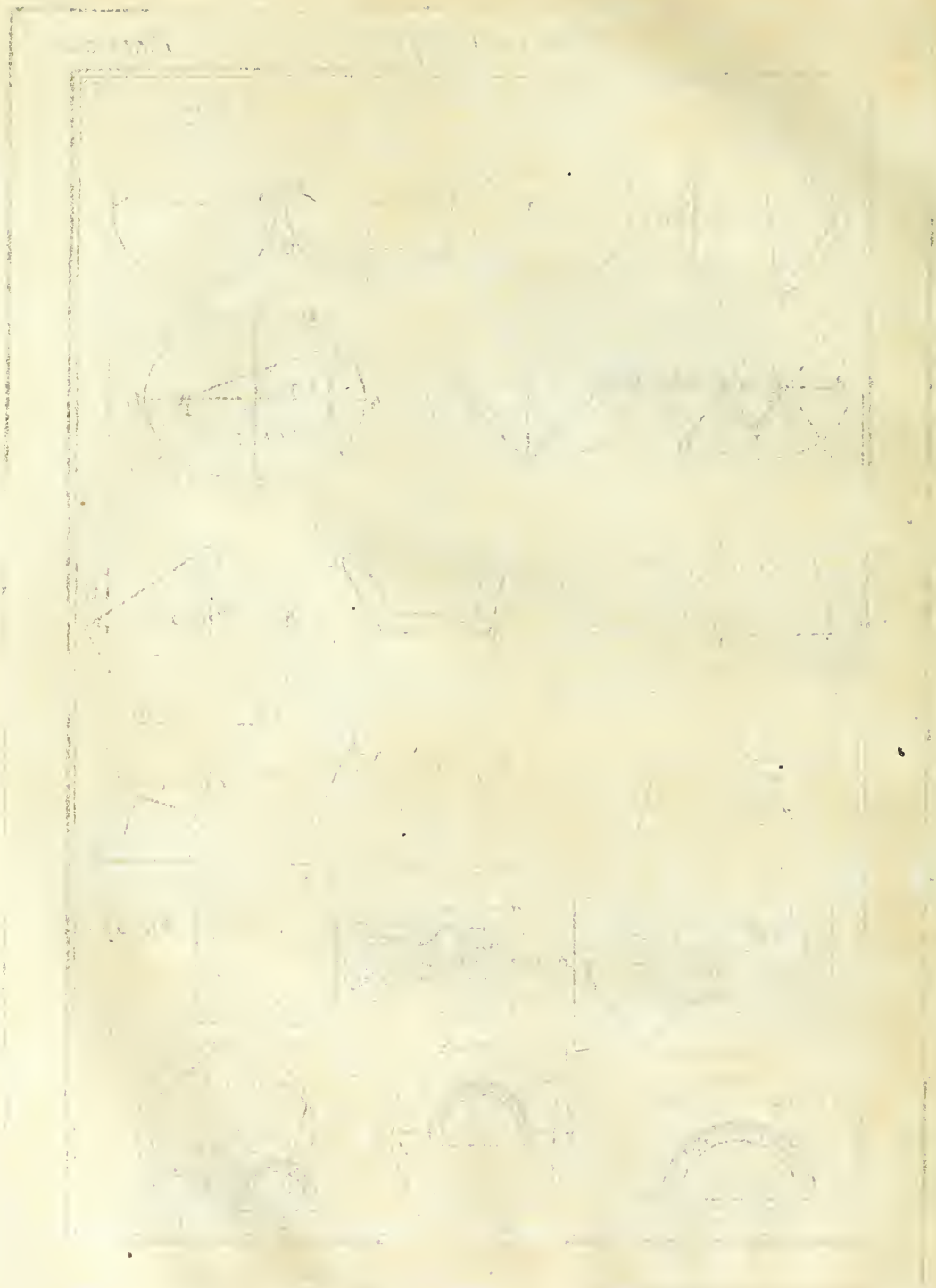


Fig 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 10
Fig. 11.
Fig. 11.
Fig. 11.
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
A Paris N. Bion



USAGE IV.

Pour décrire ſur une ligne donnée tout polygone régulier.

Soit la ligne donnée C D, ſur laquelle o veut décrire un pentagone. Nous avons enſeigné dans l'uſage précédent le moyen de connoître les angles de tous les polygones réguliers ; & comme celui que font les deux côtés du pentagone eſt de 108 dégrés, ſa moitié 54 ſera le demi-angle du pentagone, & ſervira à le décrire en la maniere ſuivante. Fig. 16.

Poſez le diametre du rapporteur ſur la ligne C D, & ſon centre à l'extrémité D. Marquez un point vis-à-vis les 54 dégrés de ſa circonférence, & tirez la ligne D F, faiſant un angle de 54 dégrés avec la ligne C D. Tranſportez le centre du rapporteur à l'autre extrémité C, pour y faire pareillement un angle de 54 dégrés, en tirant la ligne C F ; le point F où ces deux lignes ſe rencontrent, ſera le centre d'un cercle que vous tracerez en ouvrant le compas de la grandeur C F ; prenez enſuite la grandeur de la ligne donnée C D, pour diviſer en cinq la circonférence du cercle, & tirant cinq lignes, le pentagone ſera décrit. Fig. 16.

Si l'on propoſe de décrire un octogone ſur une ligne donnée, ayant reconnu que ſon angle de polygone eſt de 135 dégrés, prenez-en la moitié, 67 dégrés & demi, & faites un angle de pareil nombre de dégrés à chaque extrémité de la ligne donnée, pour y faire un triangle iſoſcele, dont le ſommet ſera le centre d'une circonférence, que vous diviſerez en huit, en y appliquant huit fois la ligne donnée, & l'octogone ſera formé.

On peut faire, avec les inſtrumens dont nous venons de parler, quantité d'autres opérations, ſuivant les différens ſujets ; mais on s'eſt contenté d'y rapporter les plus utiles & les plus ordinaires.

Fin du premier Livre.

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DU COMPAS DE PROPORTION.

LIVRE SECOND.

CHAPITRE PREMIER.

De la conſtruction du Compas de Proportion.

LE Compas de proportion eſt un Inſtrument de Mathématique, ainſi nommé, parce qu'il ſert à connoître les Proportions entre les quantités de même eſpéce, comme entre une ligne & une autre ligne, entre une ſurface & une autre ſurface, entre un ſolide & un autre ſolide, &c.

Il eſt fait de deux Régles égales de cuivre, d'argent ou d'autre matiere ſolide, jointes enſemble par un clou & une charniere, tellement travaillées, que le mouvement en ſoit égal & uniforme ; ce qui ſe fait en fendant avec une ſcie la régle où eſt la tête, environ un pouce de long, pour y ajuſter une lame de laiton qu'on rive fortement par le moyen du clou. On arrondit enſuite la tête, en limant tout ce qui déborde ; en ſorte que le ſimple & la tête ſoient à l'uni l'un de l'autre. Il s'agit préſentement de trouver le centre du clou. Il faut pour cela mettre une pointe de compas au bas de la lame qui ſert de charniere ; puis marquer quatre ſections

ſections avec l'autre pointe du compas au milieu du clou en tournant le ſimple de la charniere à quatre côtés oppoſés. Le point milieu ſera le centre du clou, & par conſéquent celui du compas de proportion. On tire enſuite une ligne du centre au long de la régle, pour limer juſte l'excédent, & dreſſer bien droite ladite régle ; & c'eſt ainſi qu'on met le compas de proportion au centre. L'autre régle étant auſſi dreſſée en dedans, & fendue pour recevoir le ſimple de la charniere, on creuſe le bout en demi-cercle concave, de maniere qu'il joigne bien autour de la tête ; puis on rive le ſimple à cette régle avec trois ou quatre petits clous, afin que ces deux régles, que l'on nomme les jambes du compas de proportion, ſe puiſſent ouvrir & fermer facilement, & reſter à telle ouverture que l'on peut en avoir beſoin pour mettre les uſages en pratique. Mais il faut avoir bien ſoin, en le conſtruiſant, que les jambes ſoient limées bien plates, & ne faſſent pas ce qu'on appelle l'aîle de moulin. Il faut auſſi prendre garde que le compas ſoit bien au centre, c'eſt-à-dire qu'étant ouvert entiérement, il ne faſſe qu'une ligne droite en dedans comme en dehors, & que les jambes ſoient bien égales d'épaiſſeur & de largeur ; en un mot qu'il ſoit bien droit en tout ſens. La longueur & largeur deſdites régles n'eſt pas déterminée, mais on donne pour l'ordinaire ſix pouces de long, ſix à ſept ligne de large, & environ deux lignes d'épaiſſeur à chaque jambe de compas de proportion que l'on deſtine pour travailler dans le cabinet. On en fait de plus petits, pour être commodément portés dans la poche, comme auſſi de plus grands, pour travailler ſur le terrein, dont on proportionne la largeur & épaiſſeur.

On a coutume d'y tracer ſix ſortes de lignes ; ſçavoir la ligne des parties égales, celle des plans & celle des polygones, d'un côté ; la ligne des cordes, celle des ſolides, & celle des métaux, & de l'autre côté des jambes dudit compas, en la maniere que nous allons expliquer.

On met encore ordinairement ſur le bord du compas de proportion d'un côté une ligne diviſée, qui ſert à connoître le calibre des canons, & de l'autre côté une ligne qui ſert à connoître le diametre, & le poids des boulets de fer, depuis un quart juſqu'à ſoixante-quatre livres, dont nous donnerons la conſtruction & les uſages, en parlant des inſtrumens pour l'artillerie.

SECTION PREMIERE.

De la ligne des parties égales.

CEtte ligne eſt ainſi nommée, parce qu'elle eſt diviſée en parties égales, dont le nombre eſt ordinairement 200, lorſqu'elle eſt de ſix pouces de long. *VI. Planche. Fig. 6.*

Ayant tiré ſur une des ſurfaces de chaque jambe les lignes égales A B depuis le point A, qui eſt le centre de la charniere du compas, & par conſéquent le centre de ſon mouvement, qui a été trouvé de la maniere que nous avons dit ci-devant, excepté qu'on fait les ſections ſur la tête, en poſant le compas au bout de la branche du ſimple ; pour la conſtruire, diviſez premierement les lignes A B en deux parties égales, qui ſeront par conſéquent de 100 parties chacune. Diviſez encore chacune de ces deux

parties égales en deux autres, dont chacune ſera de 50. Diviſez enſuite chacune de ces parties en cinq, dont chacune vaudra dix, & chacune de ces nouvelles parties en deux ; & enfin chacune de ces dernieres en cinq parties égales : & par ce moyen leſdites lignes ſe trouveront diviſées en deux cens parties égales, que vous diſtinguerez de cinq en cinq par des petites lignes, & y mettrez les chifres de dix en dix ſeulement, en commençant du centre A, juſqu'à l'autre extrémité, où vous mettrez le nombre 200.

Comme les deux autres lignes, qui ſont à tracer ſur les mêmes ſurfaces de chaque jambe, doivent toutes aboutir au même centre A, il faut que l'extrémité B de la ligne des parties égales, ſoit tirée le plus près que l'on pourra des bords extérieurs de chaque jambe, y laiſſant pourtant une petite diſtance pour placer les chifres, afin d'avoir place pour tirer la ligne des plans au milieu de la largeur deſdites jambes, & la ligne des polygones vers leurs bords intérieurs ; mais il faut bien prendre garde, en tirant ces lignes, que chacune des correſpondantes ſoit également diſtante des bords intérieurs de chaque jambe : le tout, comme il eſt aiſé de voir en la Planche ſixiéme.

SECTION II.

De la ligne des Plans.

V I. Planche. Fig. 1.

CEtte ligne eſt ainſi nommée, parce qu'elle comprend les côtés homologues d'un certain nombre de plans ſemblables, multiples du plus petit, commençant par le centre A, c'eſt-à-dire, dont les ſurfaces contiennent deux fois, trois fois, quatre fois, &c. celle du plus petit plan depuis l'unité, ſuivant l'ordre naturel des nombres, juſqu'à ſoixante-quatre, qui eſt ordinairement le plus grand terme des diviſions que l'on marque ſur ladite ligne marquée A C.

La diviſion de cette ligne ſe peut faire en deux manieres fondées ſur la vingtiéme propoſition du ſixiéme Livre d'Euclide, qui démontre que les plans ſemblables ſont entre eux comme les quarrés de leurs côtés homologues.

La premiere maniere ſe fait à l'aide des nombres, & la ſeconde maniere ſans nombres, comme nous allons l'expliquer.

Ayant tiré la ligne A C depuis le centre A juſqu'aux extrémités C des jambes du compas de proportion, diviſez-la premierement en huit parties égales, dont la premiere du côté du centre A, qui repréſente le côté du plus petit plan, n'a pas beſoin d'être tracée juſqu'au centre. La ſeconde, qui eſt double de la premiere, eſt le côté d'un plan quatre fois plus grand que le premier petit plan, parce que le quarré de deux eſt quatre.

La troiſiéme diviſion, qui contient trois fois la premiere, eſt le côté d'un plan neuf fois plus grand que le premier, parce que le quarré de trois eſt neuf.

La quatriéme diviſion, qui contient quatre fois la premiere, qui par conſéquent eſt la moitié de toute ladite ligne, eſt le côté d'un plan ſeize fois plus grand que le premier, parce que le quarré de quatre eſt ſeize. Enfin, pour abréger, la huitiéme & derniere diviſion, qui contient huit

fois le côté du petit plan, eſt le côté d'un plan ſemblable, ſoixante-quatre fois plus grand, parce que le quarré de huit eſt ſoixante-quatre.

Il y a un peu plus de façon à trouver les côtés homologues des plans doubles, triples, quintuples, &c. du plus petit plan. Suivant la premiere méthode, qui ſe fait par les nombres, il faut avoir une échelle diviſée en mille parties égales, comme celle qui eſt repréſentée en la même planche, dont nous avons ci-devant donné la conſtruction en la page 12.me

Ladite échelle doit être égale à la ligne entiere A C ; & comme le côté du plus petit plan eſt la huitiéme partie de ladite ligne, il ſera par conſéquent de 125, qui eſt la huitiéme partie de 1000. Enſuite, pour avoir en nombres le côté d'un plan double du plus petit, il faut chercher la racine quarrée d'un nombre double du quarré de 125. Ce quarré eſt 15625, le double eſt 31250, & la racine quarrée de ce nombre, qui eſt environ 177, eſt le côté d'un plan double du plus petit plan, dont le côté a été ſuppoſé de 125. De même pour avoir le côté d'un plan qui contienne trois fois le premier, il faut chercher la racine d'un nombre qui contienne trois fois le quarré de 125. Ce nombre eſt 46875, & ſa racine qui eſt environ 216, eſt le côté d'un plan triple du plus petit, & ainſi des autres. C'eſt pourquoi en portant depuis le centre A ſur la ligne des plans 177 parties de ladite échelle, on aura la longueur du côté d'un plan double du plus petit. Portant enſuite 216 parties de la même échelle depuis ledit centre A, on aura la longueur du côté d'un plan qui contiendra trois fois le plus petit plan. *V I. Planche. Fig. 2.*

C'eſt par ce moyen que l'on a calculé la table ſuivante, qui marque le nombre des parties égales qui contiennent les côtés homologues de tous les plans ſemblables, doubles, triples, quadruples, &c. d'un plan dont le côté eſt 125, juſqu'au 64e. plan, c'eſt-à-dire, qui le contient ſoixante-quatre fois, & dont le côté eſt de mille parties.

Table pour la ligne des plans.

1	125	17	515	33	718	49	875
2	177	18	530	34	729	50	884
3	216	19	545	35	739	51	892
4	250	20	559	36	750	52	901
5	279	21	573	37	760	53	910
6	306	22	586	38	770	54	918
7	330	23	599	39	780	55	927
8	353	24	612	40	790	56	935
9	375	25	625	41	800	57	944
10	395	26	637	42	810	58	952
11	414	27	650	43	819	59	960
12	433	28	661	44	829	60	968
13	450	29	673	45	839	61	976
14	467	30	684	46	848	62	984
15	484	31	696	47	857	63	992
16	500	32	707	48	866	64	1000

Chacun des dix eſpaces que contient la regle de 1000 parties, en vaut cent, & chacune des ſubdiviſions de la ligne A B en vaut dix. C'eſt pourquoi ſi l'on veut s'en ſervir pour diviſer quelqu'une des lignes du compas de proportion, comme, par exemple, la ligne des plans, on choiſira ſur l'échelle la ligne marquée du nombre des centaines, & ce qui ſurpaſſera, ſe doit prendre dans l'eſpace entre les lignes A B; comme ſi, par exemple, on veut marquer le premier plan, auquel répond le nombre 125, on portera le compas commun ſur la cinquiéme ligne de l'eſpace qui eſt marqué 10, & on l'ouvrira de la diſtance O P. De la même façon, ſi on veut marquer le 50 plan auquel répond le nombre 884, à cauſe des 800, on prendra le huitiéme eſpace de la régle où eſt marqué 800, & à cauſe des 84, on prendra dans l'eſpace A B l'interſection de la huitiéme tranſverſale, & de la quatriéme parallele qui ſera la diſtance N L.

Fig. 5. On peut encore diviſer la ligne des plans ſans calcul en la maniere ſuivante, fondée ſur la 47ᵉ propoſition du premier Livre d'Euclide. Faites le triangle iſoſcele rectangle K M N, dont le côté K M ou K N ſoit égal au côté du plus petit plan, l'hypotenuſe M N ſera le côté d'un plan ſemblable double du premier. C'eſt pourquoi ayant porté avec le compas commun l'intervalle M N ſur le côté K L prolongé autant qu'il en ſera beſoin depuis K juſqu'en 2, la longueur K 2 ſera le côté d'un plan double du plus petit. Portez de même l'intervalle M 2 depuis K juſqu'en 3, la ligne K 3 ſera le côté d'un plan triple du premier. Portez enſuite l'entervalle M 3 depuis K juſqu'en 4, la ligne K 4, qui doit être double de K M, ſera le côté d'un plan quatre fois plus grand, c'eſt-à-dire, qui contiendra quatre fois le petit plan, & ainſi de ſuite, comme on voit en ladite figure cinquiéme.

SECTION III.

De la ligne des Polygones.

CEtte ligne eſt ainſi nommée, parce qu'elle comprend les côtés homologues des dix premiers Polygones réguliers inſcrits dans un même cercle, c'eſt-à-dire, depuis le triangle équilateral juſqu'au dodécagone.

Le côté du triangle étant le plus grand de tous, doit être de la longueur de chaque jambe du compas de proportion; & comme les côtés des autres polygones réguliers inſcrits dans le même cercle diminuent à meſure qu'ils ont plus de côtés, celui du dodécagone eſt le plus petit, & par conſéquent doit être plus proche du centre dudit compas.

Suppoſant donc le côté du triangle de mille parties, il faut trouver la longueur des côtés de chacun des autres polygones; & comme les côtés des polygones réguliers inſcrits dans un même cercle ſont en même proportion que les cordes ou ſous-tendantes des angles du centre de chacun de ces polygones, il eſt à propos de rapporter ici le moyen de connoître ces angles.

Pour cet effet, il faut diviſer le nombre de 360 dégrés, que contient la circonférence entiere du cercle, par le nombre des côtés de chaque polygone, le quotient de la diviſion marquera le nombre de dégrés que contient l'angle du centre.

Si, par exemple, on veut avoir l'angle du centre d'un exagone ou figure

de ſix côtés, en diviſant 360 par ſix, le quotient ſera 60 : ce qui ſignifie que l'angle du centre de l'exagone eſt de 60 dégrés. Si pareillement on veut avoir l'angle du centre d'un pentagone, ou figure de cinq côtés, en diviſant 360 par cinq, le quotient ſera 72 : ce qui marque que l'angle du centre d'un pentagone eſt de 72 dégrés, & ainſi des autres.

L'angle du centre étant connu, ſi on le ſouſtrait de 180 dégrés, reſtera l'angle du polygone. Comme, par exemple, l'angle du centre d'un pentagone étant de 72 dégrés, l'angle de la circonférence dudit pentagone eſt de 108 dégrés, & ainſi des autres, comme il ſe voit dans la table ſuivante.

Polygones réguliers.	*Angles du centre.*	*Angles à la circonférence.*
Triangle	120 d.	60 d.
Quarré	90	90
Pentagone	72	108
Exagone	60	120
Eptagone	51 26 m.	128 34 m.
Octogone	45	135
Ennéagone	40	140
Décagone	36	144
Endécagone	32 44	147 16
Dodécagone	30	150

Pour trouver en nombre les côtés deſdits polygones réguliers inſcriptibles dans un même cercle, ayant ſuppoſé celui du triangle équilateral de mille parties égales, au lieu des cordes ou ſous-tendantes des angles du centre, on peut prendre les moitiés des mêmes cordes, qui ſont les ſinus de la moitié des angles de leurs centres, & faire l'analogie ſuivante.

Pour trouver, par exemple, le côté du quarré.

Comme le ſinus de 60 dégrés, moitié de l'angle du centre du triangle équilateral, eſt au côté du même triangle ſuppoſé mille ; ainſi le ſinus de 45 dégrés, moitié de l'angle du centre du quarré, ſera au côté du même quarré, qui ſe trouvera par le calcul de 816.

C'eſt de cette maniere qu'a été conſtruite la table ſuivante des polygones.

Côté du triangle équilateral marqué ſur le compas de proportion par le nombre (3)	*Parties égales* 1000
Du quarré par le nombre 4	816
Du pentagone par le n. 5	678
De l'exagone par le n. 6	577
De l'eptagone par le n. 7	501
De l'octogone par le n. 8	442
De l'ennéagone par le n. 9	395
Du décagone par le n. 10	357
De l'endécagone par le n. 11	325
Du dodécagone par le n. 12	299

Nous avons négligé les fractions reſtées après le calcul en cette table comme en toutes les autres, parce que n'étant que des milliémes parties, elles ne ſont pas conſidérables.

Ceux qui ne voudront pas marquer le triangle équilateral sur le compas de proportion, à cause de la facilité qu'il y a de le tracer, & qui par conséquent commenceront par le quarré, se serviront de la table suivante, où son côté est supposé de 1000 parties.

Autre table des polygones.	*Parties.*
Quarré	1000
Pentagone	831
Exagone	707
Eptagone	613
Octogone	540
Ennéagone	484
Décagone	437
Endécagone	398
Dodécagone	366

De la VI. Planche. Fig. 1. Pour marquer sur le compas de proportion la ligne des polygones, on se servira de la même échelle de mille parties égales, qui a servi pour y tracer la ligne des plans ; & l'on portera du centre A sur la ligne A D de part & d'autre, le nombre des parties marquées dans la table, pour y graver les chifres 3, 4, 5, &c. qui signifient le nombre des côtés des polygones réguliers.

SECTION IV.

De la ligne des Cordes.

CEtte ligne est ainsi nommée, parce qu'elle comprend les cordes de tous les dégrés du demi-cercle, qui a pour diametre la longueur de cette ligne, laquelle se marque sur l'autre surface de chaque jambe du compas de proportion, depuis le point A, qui est le centre de sa charniere, jusqu'à l'extrémité F de chaque régle, de telle sorte que les deux lignes A F soient parfaitement égales, & équi-distantes des bords intérieurs. Fig. 4.

Il est à remarquer que la ligne des cordes doit être directement tracée au-dessous de celle des parties égales, à cause de quelques opérations, qui demandent de la correspondance entre ces deux lignes.

Il est aussi à propos que la ligne des solides soit tracée sous celle des plans, & celle des métaux sous celle des Polygones.

VI. Planche. Fig. 3. Pour la division de cette ligne, décrivez un demi-cercle, qui ait pour diametre la longueur de ladite ligne A F, divisez-le en 180 dégrés ; portez ensuite la longueur des cordes de tous ces dégrés, en les comptant de l'une des extrémités du diametre du demi-cercle, sur lesdites jambes du compas, & marquez sur chacune autant de points qui représenteront les dégrés du demi-cercle que vous distinguerez par de petites lignes de cinq en cinq, & par des chifres de dix en dix, en commençant depuis le point A, centre de la charniere dudit compas de proportion, jusqu'à F.

Ces mêmes dégrés se peuvent encore marquer sur la ligne des cordes par le moyen des nombres, en supposant le demi-diametre du cercle ou la corde de 180 dégrés de 1000 parties égales. Ces nombres se trouvent tous calculés dans les tables ordinaires des sinus ; car au lieu des cordes, il n'y a

qu'à prendre leurs moitiés, qui ſont les ſinus de la moitié des arcs. Ainſi, par exemple, au lieu de la corde de dix dégrés, il faut prendre le ſinus de cinq dégrés ; & comme le calcul eſt fait pour un rayon de 100000, il faut retrancher les deux derniers chifres, comme il ſe voit dans la table ci-deſſous, où ſont marquées les cordes de tous les dégrés. Cette diviſion ſe fait avec l'échelle de 1000 parties.

Table pour la ligne des cordes.

D.	Cord.	D.	Cord.	D.	Cord.	D.	Cord.	D.	Cord.	D.	Cord.
1	8	31	267	61	507	91	713	121	870	151	968
2	17	32	275	62	515	92	719	122	874	152	970
3	26	33	284	63	522	93	725	123	879	153	972
4	35	34	292	64	530	94	731	124	883	154	974
5	44	35	300	65	537	95	737	125	887	155	976
6	52	36	309	66	544	96	743	126	891	156	978
7	61	37	317	67	552	97	749	127	895	157	980
8	70	38	325	68	559	98	754	128	899	158	981
9	78	39	334	69	566	99	760	129	902	159	983
10	87	40	342	70	573	100	766	130	906	160	985
11	96	41	350	71	580	101	771	131	910	161	986
12	104	42	358	72	588	102	777	132	913	162	987
13	113	43	366	73	595	103	782	133	917	163	989
14	122	44	374	74	602	104	788	134	920	164	990
15	130	45	382	75	609	105	793	135	924	165	991
16	139	46	390	76	615	106	798	136	927	166	992
17	145	47	399	77	622	107	804	137	930	167	993
18	156	48	406	78	629	108	809	138	933	168	994
19	165	49	414	79	636	109	814	139	936	169	995
20	173	50	422	80	643	110	819	140	939	170	996
21	182	51	430	81	649	111	824	141	942	171	997
22	191	52	438	82	656	112	829	142	945	172	997
23	199	53	446	83	662	113	834	143	948	173	998
24	208	54	454	84	669	114	838	144	951	174	998
25	216	55	462	85	675	115	843	145	954	175	999
26	225	56	469	86	682	116	848	146	956	176	999
27	233	57	477	87	688	117	852	147	959	177	999
28	242	58	485	88	694	118	857	148	961	178	1000
29	250	59	492	89	701	119	861	149	963	179	1000
30	259	60	500	90	707	120	866	150	966	180	1000

SECTION V.

De la ligne des ſolides.

CEtte ligne eſt ainſi nommée, parce qu'elle comprend les côtés homologues d'un certain nombre de ſolides ſemblables, multiples du plus petit, depuis l'unité, ſuivant l'ordre naturel des nombres juſqu'à 54, qui eſt ordinairement le plus grand terme des diviſions de cette ligne marqueé
Fig. 4. A H proche la ligne des cordes.

Pour en faire la diviſion, on ſe ſert de l'échelle de 1000 parties, & l'on ſuppoſe le côté du ſoixante-quatriéme, & plus grand ſolide de 1000 parties égales; & comme la racine cubique de 64 eſt 4, & que celle d'un eſt 1, il s'enſuit que le côté du 64e ſolide contient quatre fois le côté du premier & plus petit ſolide, lequel par conſéquent doit être de 250, puiſque les ſolides ſemblables ſont entre eux, comme les cubes de leurs côtés homologues.

Le nombre 500, double de 250, doit être le côté du huitiéme ſolide, c'eſt-à-dire, d'un ſolide huit fois plus grand que le premier, parce que le cube de 2, qui eſt 8, contient huit fois le cube de l'unité.

Pareillement le nombre 750, triple de 250, eſt le côté du vingt-ſeptiéme ſolide, parce que le cube de 3, qui eſt 27, contient vingt-ſept fois le cube d'un.

Il y a un peu plus de calcul à faire pour trouver les côtés des ſolides doubles, triples, quadruples, &c. du premier, leſquels ne peuvent pas même s'exprimer exactement par nombres, parce que leurs racines ſont incommenſurables; on peut néanmoins en approcher ſuffiſamment pour l'uſage, par la méthode ſuivante.

Pour trouver, par exemple, le nombre qui exprime le côté d'un ſolide double du premier & plus petit, il faut cuber ſon côté 250, le cube eſt 15625000. Enſuite il faut doubler ce nombre, & en tirer la racine cubique, qui ſe trouvera à peu-près 315, & qui ſera le côté d'un ſolide double. Pour avoir le côté d'un ſolide triple du premier, il faut tripler ce même nombre, & en tirer la racine cubique, qui ſe trouvera 360, & ainſi du reſte; le tout ſuivant qu'il eſt marqué en la Table ci-jointe.

Table pour la ligne des ſolides.

1	250	17	643	33	802	49	914
2	315	18	655	34	810	50	921
3	360	19	667	35	818	51	927
4	397	20	678	36	825	52	933
5	427	21	689	37	833	53	939
6	454	22	700	38	840	54	945
7	478	23	711	39	848	55	951
8	500	24	721	40	856	56	956
9	520	25	731	41	862	57	962
10	538	26	740	42	869	58	967
11	556	27	750	43	876	59	973
12	572	28	759	44	882	60	978
13	588	29	768	45	889	61	984
14	602	30	777	46	896	62	989
15	616	31	785	47	902	63	995
16	630	32	794	48	908	64	1000

Les

Les côtés de tous ces solides étant ainsi trouvés en nombre, on les marquera sur ladite ligne des solides, en y portant depuis le centre A les parties qu'ils contiennent, prises sur l'échelle de 1000 parties.

SECTION VI.

De la ligne des Métaux.

CEtte ligne est ainsi nommée, parce qu'elle sert à connoître la proportion qu'ont entre eux les six métaux, dont on peut faire des solides.

Elle se marque sur les jambes du compas de proportion à côté de la ligne des solides, & les métaux y sont figurés par les caractéres ci-joints, qui leur ont été appropriés par les Chymistes & Naturalistes.

La division de cette ligne est fondée sur les expériences qui ont été faites des différentes pesanteurs de masses égales de chacun de ces métaux, d'où l'on a calculé leurs proportions comme on les voit marquées en la table ci-après.

Table pour la ligne des métaux.

Or	☉	730
Plomb	♄	863
Argent	☽	895
Cuivre	♀	937
Fer	♂	974
Etain	♃	1000

Avertissement.

Le moins pesant de tous ces métaux, qui est l'étain, sera marqué au bout de chaque jambe, comme ici A G, figure 4 à une distance du centre qui égale la longueur de toute l'échelle de 1000 parties, & les autres métaux plus proches dudit centre, chacun suivant les nombres qui leur conviennent, pris sur la même échelle. *De la VI. Planche.*

Comme la plûpart des susdites lignes marquées sur le compas de proportion, se divisent par le moyen d'une échelle de 1000 parties égales, il faut qu'elles soient toutes parfaitement égales entre elles & à ladite échelle; c'est pourquoi, comme elles aboutissent toutes d'une part au même point, qui est le centre de la charniere, il faut qu'elles soient toutes terminées de l'autre part par un arc sur chaque face des régles qui forment ledit compas.

Il n'est pas toujours nécessaire de diviser le compas de proportion par les méthodes que nous venons de donner; car pour abréger le tems, on dispose une régle de la longueur, largeur & épaisseur des compas de proportion, & on y trace les mêmes lignes, que l'on divise très-exactement, suivant les régles que nous venons d'expliquer, puis on transporte avec un compas à couliſſe les mêmes divisions sur les compas de proportion, après y avoir tracé les lignes pour les contenir.

Nous avons dit qu'il se fait des compas de proportionde différentes grandeurs, mais les plus en usage sont ceux qui se mettent dans les étuis de Mathématique, de six pouces de long, d'autres que l'on met aussi dans des étuis de quatre pouces, & d'autres qui n'ont que trois pouces de long, que l'on nomme étuis de poche. On voit à peu près la figure de ces sortes d'étuis dans la planche sixiéme. Il s'en fait aussi qui ont neuf à dix pouces de longueur, où l'on met ordinairement des pinulles, & un genouil au compas de proportion, pour servir en campagne à lever les plans, mesurer les

distances & prendre les hauteurs ; mais les demi-cercles ou cercles entiers sont plus commodes pour ces sortes d'opérations.

SECTION VII.

Contenant les preuves des divisions des lignes que l'on marque ordinairement sur le Compas de proportion.

Preuve de la ligne des parties égales.

LA division de cette ligne est si facile, qu'elle n'a besoin d'aucune autre preuve, que celle d'examiner avec un compas commun si les deux lignes correspondantes, tracées sur les jambes du compas de proportion, sont bien égales & divisées également : ce que l'on connoîtra, en prenant avec un compas ordinaire, dont les pointes soient fines & déliées, tel nombre que l'on voudra de ces parties égales, commençant par où l'on jugera à propos. Car si cette ligne des parties égales est bien divisée, en portant sur ladite ligne l'ouverture du compas ainsi ouvert, ses deux pointes comprendront toujours le même nombre de parties égales sur une jambe ou sur l'autre en comptant du centre, ou de tel point de division que l'on voudra.

Preuve de la ligne des Cordes.

LA méthode ci-devant expliquée ne peut pas servir à connoître si la ligne des cordes est bien divisée, parce que ces divisions ne sont pas égales ; la corde de 10 dégrés, par exemple, étant plus de la moitié de celle de 20, pareillement la corde de 20 dégrés est plus de la moitié de celle de 40, & ainsi de suite : de telle sorte que les divisions sont plus grandes vers le centre du compas que vers les extrémités de ses jambes : ce qui provient de la nature du cercle.

Mais comme nous avons rapporté deux méthodes pour diviser la ligne des cordes, l'une par le secours des nombres, & l'autre par l'étendue des cordes ou sous-tendantes des arcs, une de ces méthodes peut servir de preuve à l'autre.

En voici cependant encore une autre, qui n'est point à négliger. Choisissez à volonté sur la ligne des cordes deux nombres également éloignés de 120 dégrés, comme, par exemple, 110 & 130 qui en sont éloignés chacune de 10 dégrés, le premier par défaut & le second par excès. Prenez avec un compas commun la distance de ces deux nombres 110 & 130, laquelle doit être égale à la corde de 10 dégrés, ou à la distance du point marqué 10 sur la ligne des cordes au centre du compas de proportion.

On connoîtra par le même moyen, que la distance entre 100 & 140 dégrés est égale à la corde de 20 dégrés ; que pareillement la distance entre 90 & 150 est égale à la corde de 30, qui est le nombre dont 120 surpasse 90, & dont il est surpassé par 150, & ainsi des autres, comme il est aisé de remarquer par la table des cordes ci-devant marquée, où l'on voit, par exemple, que le nombre 44, qui est la corde de 5 dégrés, est la différence entre 843, qui est la corde de 115 dégrés, & 887, qui est

la corde de 125 ; que pareillement 87, corde de 10 dégrés, eſt la difference entre la corde de 110 & celle de 130, &c. leſquelles ſont également éloignées de 120 dégrés.

Preuve de la ligne des Polygones.

ON connoîtra ſi cette ligne eſt bien diviſée par le moyen de la ligne des cordes en la maniére ſuivante.

Prenez avec un compas commun ſur la ligne des polygones la diſtance du centre du compas de proportion juſqu'au point 6, qui marque l'exagone. Puis ayant ouvert le compas de proportion, portez cette diſtance ſur la ligne des cordes, mettant chaque pointe dudit compas commun ſur les points correſpondans de 60 à 60, qui marquent l'angle du centre de l'exagone.

Le compas de proportion demeurant ainſi ouvert, prenez, avec le compas ordinaire ſur chaque ligne des cordes, la diſtance des deux pointsmarqués 72, & la portez ſur la ligne des polygones, mettant une pointe au centre de la charniere du compas de proportion ; l'autre pointe doit rencontrer le point marqué 5, qui appartient au pentagone, dont l'angle du centre eſt de 72 dégrés.

Prenant de même ſur la ligne des cordes la diſtance des deux points marqués 90, & la portant ſur la ligne des polygones, l'ouverture du compas commun y rencontrera le point marqué 4, qui appartient au quarré, dont l'angle du centre eſt de 90 dégrés, & ainſi des autres.

Preuve de la ligne des Plans.

COmme nous avons rapporté deux méthodes pour diviſer la ligne des plans, l'une peut ſervir de preuve à l'autre ; mais on peut encore facilement reconnoître ſi la diviſion eſt bien faite par la maniere ſuivante. Prenez avec un compas ordinaire la diſtance de quelque point que ce ſoit de cette ligne juſqu'au centre de la charniere du compas de proportion, & portez cette diſtance depuis le même point de diviſion de l'autre côté de la même ligne des plans, la pointe du compas rencontrera un nombre de plan quatre fois plus grand que celui qui a été pris vers le centre ; & ſi l'on tourne encore une fois le compas commun ainſi ouvert vers l'extrémité de ladite ligne, la pointe tombera ſur un nombre de plan neuf fois plus grand. Ainſi, par exemple, ſi l'on a pris la diſtance depuis le centre juſqu'au plan marqué 2, arrêtant une pointe du compas ſur ledit point 2, l'autre pointe doit tomber ſur le point 8 ; & en tournant encore une fois le compas, ſans changer l'ouverture, en arrêtant une de ſes pointes ſur ledit point 8, l'autre pointe doit rencontrer le dix-huitiéme plan, qui contient neuf fois le ſecond plan ; tournant encore une fois le compas, on rencontrera le trente-deuxiéme plan, qui contient ſeize fois le ſecond plan. Si enfin on tourne encore une autre fois, on doit rencontrer le cinquantiéme plan, qui contient celui de deux fois 25, & ainſi des autres plans ſemblables, parce qu'ils ſont entre eux, comme les quarrés de leurs côtés homologues. C'eſt ce qui facilite la diviſion de cette ligne des plans, puiſqu'ayant le premier, on a le quatriéme, le neuviéme, le ſeiziéme, le vingt-cinquiéme, le trente-ſixiéme, le quarante-neuviéme, & le ſoixante-quatriéme ;

ayant trouvé le second, on a le huitiéme, le dix-huitiéme, le trente-deuxiéme & le cinquantiéme; ayant pareillement trouvé le troisiéme, on a le douziéme, le vingt-septiéme, & le quarante-huitiéme; & ainsi du reste.

Preuve de la ligne des Solides.

ON connoît si cette ligne est bien divisée par la méthode suivante. Prenez avec un compas ordinaire la distance de quelque point que ce soit de cette ligne jusqu'au centre du compas de proportion; arrêtez une pointe du compas ainsi ouverte sur le même point de division, & tournez l'autre pointe vers l'extrémité de ladite ligne, elle doit rencontrer un nombre de solides huit fois plus grand que celui que vous aurez choisi. Si vous tournez encore une fois le compas, une de ses pointes tombera sur un solide vingt-sept fois plus grand que le nombre choisi. Ainsi, par exemple, l'ouverture du premier solide donnera celle du huitiéme, du vingt-septiéme, & du soixante-quatriéme; l'ouverture du second solide donnera celle du seiziéme, & du cinquante-quatriéme; l'ouverture du troisiéme prise deux fois donnera celle du vingt-quatriéme. Par le quatriéme solide on aura le trente-deuxiéme, de même que par le cinquiéme on aura le quarantiéme; par le sixiéme on aura le quarante-huitiéme; & enfin par le moyen du septiéme on aura le cinquante-sixiéme solide, parce que les solides semblables sont entre eux, comme les cubes de leurs côtés homologues; & c'est ce qui facilite la division de la ligne des solides.

Preuve de la ligne des Métaux.

NOus avons déja dit ci-devant, que la division de cette ligne est fondée sur les expériences par lesquelles on a connu les différentes pesanteurs d'un pied cube de chacun des six métaux, comme ils sont ici marqués.

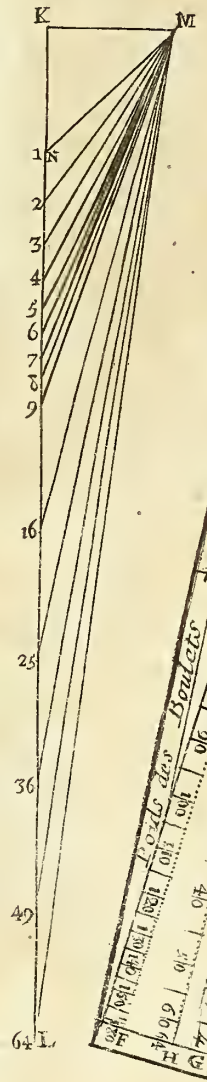
Métaux.	*Poids d'un pied cube.*	
Or	1326 livres	4 onces.
Plomb	802	2
Argent	720	12
Cuivre	627	12
Fer	558	0
Etain	516	2

Je vais ici rapporter comme de ces différens poids desdits métaux, on a calculé la table ci-devant rapportée des nombres, qui servent à marquer sur le compas de proportion les côtés homologues des corps semblables & d'égale pesanteur, faits desdits métaux.

Or comme l'étain est le moins pesant, il est évident que si, par exemple, on veut en faire une boule qui pese autant qu'une boule de fer ou de cuivre, celle d'étain doit être la plus grosse de toutes, & ensuite celle de fer plus grosse que celle de cuivre, & ainsi des autres jusqu'à celle d'or, qui seroit la plus petite. C'est pourquoi, supposant le diamétre de la boule d'étain de 1000 parties égales, il est question de trouver de combien de ces mêmes parties doit être le diamétre de la boule de fer, ou de celle de cuivre de

Planche Sisième.

Fig 5.



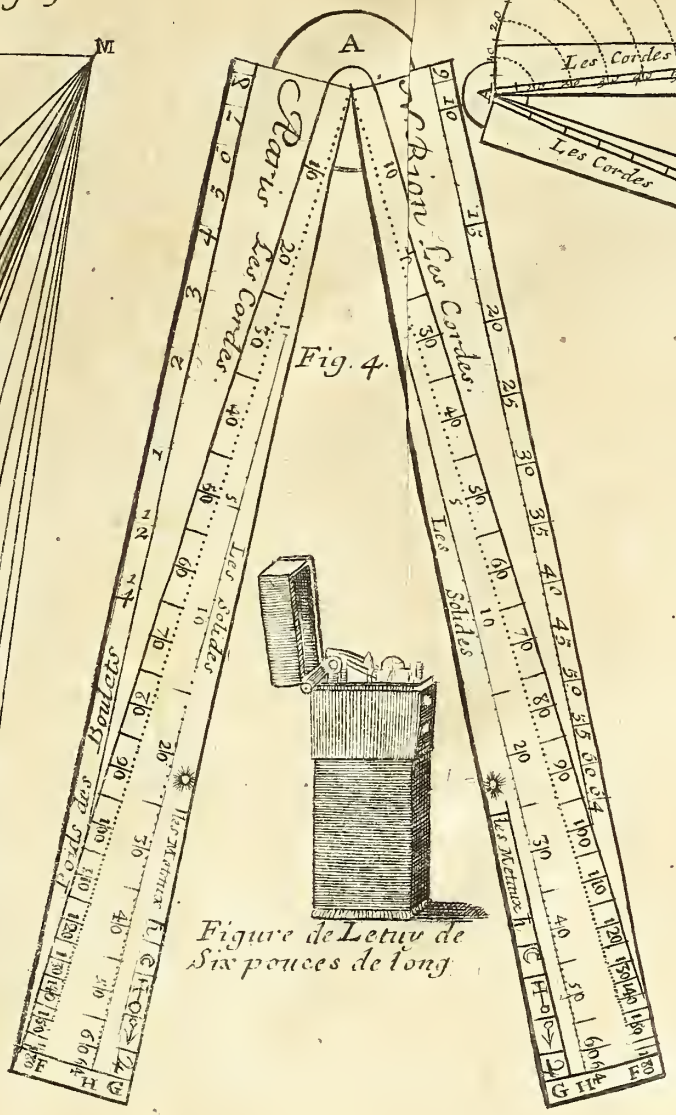


Fig. 4.

Figure de Letuy de Six pouces de long

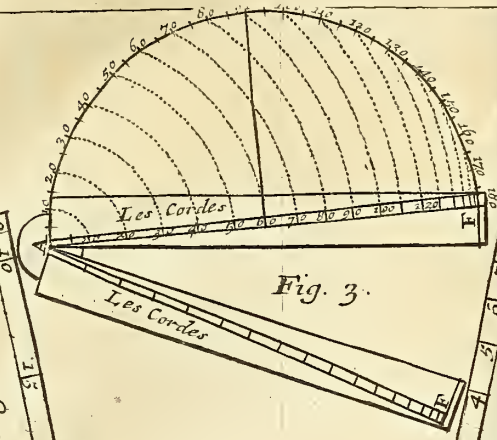


Fig. 3.

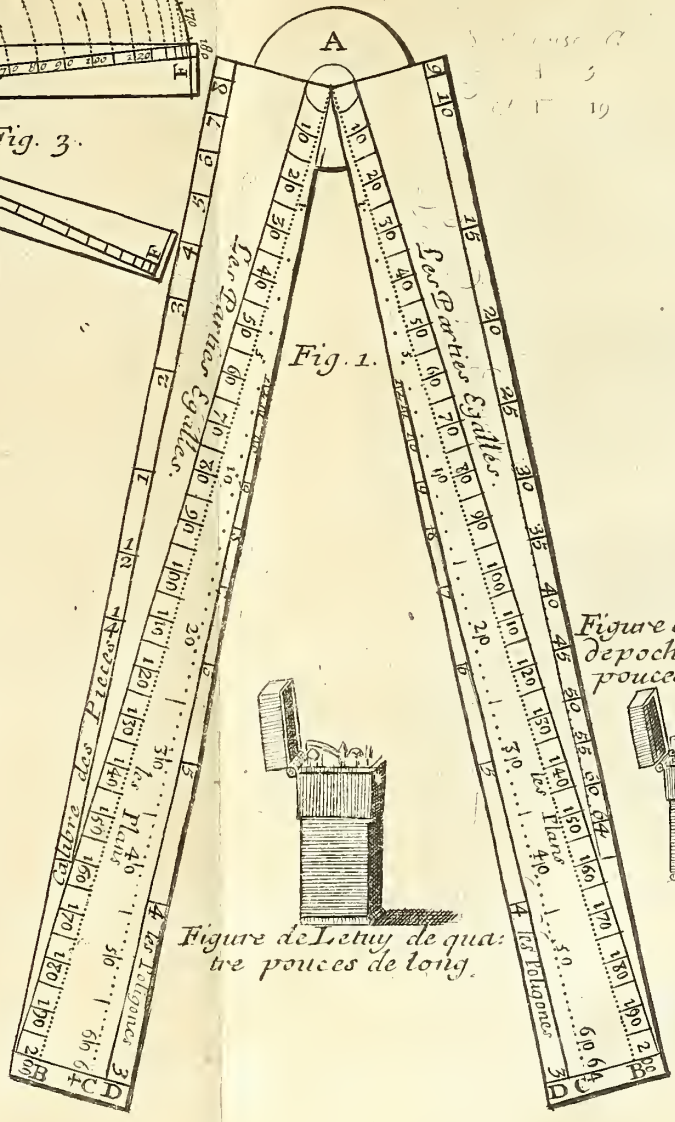
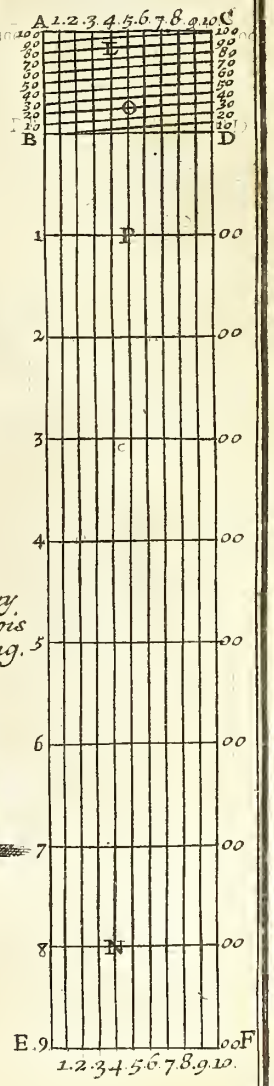


Fig. 1.

Figure de Letuy de quatre pouces de long.

Figure de Letuy de poche de trois pouces de long.

Fig. 2.



pareille peſanteur : ce qui ſe peut trouver par l'analogie ſuivante, en ſe ſervant de la table des ſolides ci-devant marquée.

Il faut faire une régle de proportion, dont le premier terme ſoit toujours le poids du plus peſant des deux métaux que l'on veut comparer enſemble, le ſecond terme, ſoit le poids de l'étain ; le troiſiéme ſoit le nombre 64, qui eſt le plus grand ſolide de ladite table, auquel convient le nombre 1000. Si, par exemple, on veut comparer le fer, dont le pied cube peſe 558 livres, avec l'étain dont le pied cube peſe 516 liv. & 2 onces ; ayant réduit le tout en onces, les 558 liv. feront 8928 onces, & les 516 livres 2 onces feront 8258. Il faut donc dire : ſi 8928 donnent 8258, combien 64 ; la régle de trois étant faite, le quatriéme terme ſera 59, & un petit reſte ; je cherche dans ladite table des ſolides le 59, & le nombre correſpondant eſt 973, au lieu duquel je prends 974, à cauſe de la fraction reſtée. C'eſt pourquoi je dis que le diametre de la boule de fer devroit être de 974 parties égales à celles dont le diametre de la boule d'étain eſt ſuppoſé. En faiſant de la même maniere quatre autres régles de trois, on connoîtra ſi les nombres marqués vis-à-vis des quatre autres métaux ſont bien calculés, & par conſéquent ſi la ligne des métaux eſt bien diviſée.

CHAPITRE II.

Des uſages du Compas de proportion.

NOus ne rapporterons ici que les Uſages qui ſont les plus propres à cet inſtrument, & qui ſe font mieux par ſon moyen que par aucun autre.

SECTION PREMIERE.

Des uſages de la ligne des parties égales.

USAGE PREMIER.

Diviſer une ligne donnée en tant de parties égales qu'on voudra ; comme, par exemple, en ſept.

PRenez avec un compas ordinaire l'étendue de toute la ligne propoſée, comme A B, & la portez ſur la ligne des parties égales à un nombre de part & d'autre, qui ſe puiſſe facilement diviſer par 7, comme pourroit être en cet exemple 70, dont la ſeptiéme partie eſt 10, ou bien au nombre 140, dont la ſeptiéme partie eſt 20. Enſuite laiſſant le compas de proportion ainſi ouvert, reſſerrez le compas commun juſqu'à ce que les deux pointes rencontrent les deux nombres 10, ſi l'on s'eſt ſervi du nombre 70, ou bien les deux nombres 20, ſi l'on a pris 140 pour l'étendue de toute la ligne, cette ouverture du compas marquée par la figure 2, ſera la ſeptiéme partie de la ligne propoſée. *VII. Planche. Fig. 1.*

Si la ligne propoſée à diviſer étoit trop longue pour être appliquée ſur les

jambes du compas de proportion, portez-en seulement une partie, comme la moitié ou le quart, que vous diviserez, comme il vient d'être dit, en 7, le double ou quadruple de cette septiéme partie divisera en 7 la grande ligne proposée.

USAGE II.

Etant données plusieurs lignes droites qui sont la circonférence d'un polygone, l'une desquelles soit estimée contenir autant de parties égales qu'on voudra, trouver combien de ces mêmes parties sont contenues en chacune des autres lignes.

PRenez avec un compas commun la longueur de la ligne dont la mesure est connue, & la portez sur la ligne des parties égales à l'ouverture du nombre qui exprime la mesure ; le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, transportez-y la longueur de chacune des autres lignes, les nombres de l'ouverture que chacune comprendra, marqueront leur véritable longueur. Que si quelqu'une desdites lignes ne convient pas justement au même nombre de part & d'autre sur la ligne des parties égales, mais que, par exemple, une des pointes du compas tombant sur le nombre 29, l'autre tombe sur le nombre 30, cette ligne contiendra 29 & demi.

USAGE III.

Etant donnée une ligne droite, & le nombre des parties égales qu'elle contient, en retrancher une moindre ligne contenant tel nombre de ses parties que l'on voudra.

SOit pour exemple la ligne proposée de 120 toises, dont on en veut retrancher une ligne de 25. Prenez avec le compas commun la longueur de la ligne proposée ; ouvrez le compas de proportion de telle sorte que cette longueur convienne de 120 à 120 marqués sur les deux lignes des parties égales ; & ledit compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez sur la même ligne la distance de 25 à 25, que vous retrancherez de ladite ligne de 120 toises.

Par les trois usages précédens il est aisé de voir que la ligne des parties égales du compas de proportion peut très-commodément servir d'échelle pour toutes sortes de plans, pourvû qu'on sçache la quantité d'un de ses côtés, & que l'on peut par son moyen les réduire de petit en grand, ou de grand en petit.

USAGE IV.

A deux lignes droites données trouver une troisiéme proportionnelle, & à trois une quatriéme.

SI l'on ne propose que deux lignes, prenez avec un compas commun la longueur de la premiere, & la transportez sur une des jambes du compas de proportion depuis le centre le long de la ligne des parties égales ;

pour en connoître la valeur, & du nombre où elle se terminera, ouvrez le compas de proportion, en sorte que la longueur de la seconde ligne convienne à son ouverture; ledit compas demeurant ainsi ouvert, portez la longueur de ladite seconde ligne sur une des jambes depuis le centre, & remarquez le nombre des parties égales où elle se termine, l'ouverture de ce nombre donnera la troisiéme ligne proportionnelle requise.

Soit pour exemple la premiere ligne proposeé A B, de 40 parties égales, & la seconde C D, de 20. Portez la longueur des 20 parties égales à l'ouverture de 40; & le compas restant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de 20 à 20, cette ouverture sera la longueur de la troisiéme ligne proportionnelle que l'on cherche; & si vous la mesurez sur la ligne des parties égales depuis le centre, elle en contiendra 10: car 40 sont à 20, comme 20 sont à 10. *De la VII. Planche.* Fig. 3.

Que si à trois lignes données vous cherchez une quatriéme proportionnelle, portez, comme nous venons de dire, la seconde à l'ouverture de la premiere; & le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, portez la troisiéme ligne sur une de ses jambes depuis le centre; l'ouverture du nombre où elle se terminera, donnera la quatriéme requise.

Soit pour exemple la premiere de ces trois lignes de 60 parties égales, la seconde de 30, & la troisiéme de 50; portez la longueur de 30 parties égales à l'ouverture de 60; & le compas demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de 50, cette ouverture, qui contiendra 25, sera la quatriéme proportionnelle: car 60 sont à 30, comme 50 à 25. Fig. 3.

USAGE V.

Diviser une ligne donnée selon une raison donnée.

QU'il faille, par exemple, diviser la ligne donnée en deux parties, dont la raison soit égale à celle de 40 à 70; ajoûtez ensemble ces deux nombres, leur somme sera 110. Prenez avec un compas commun la longueur de la ligne proposée, que je suppose être de 165 parties égales; portez cette longueur à l'ouverture des nombres 110 de la ligne des parties égales; & le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture des nombres 40 & 70, la premiere de ces deux ouvertures donnera 60, & la seconde 105, qui feront les parties de la ligne proposée à diviser, puisque 40 sont à 70, comme 60 sont à 105.

USAGE VI.

Ouvrir le Compas de proportion, en sorte que les deux lignes des parties égales fassent un angle droit.

CHoisissez trois nombres qui puissent exprimer les côtés d'un triangle rectangle, comme sont, par exemple, les nombres 3, 4, 5, ou leurs multiples; mais comme il est mieux de les prendre un peu grands, nous choisirons 60, 80 & 100. Prenez avec un compas commun la distance du centre du compas de proportion sur la ligne des parties égales jusqu'au nombre 100; ouvrez ensuite le compas de proportion de telle sorte qu'une

des pointes du compas commun tombe d'une part sur le nombre 60 des parties égales, & l'autre pointe sur le nombre 80 des mêmes parties égales de l'autre jambe ; alors le compas de proportion sera ouvert, de sorte que les deux lignes de parties égales feront un angle droit.

USAGE VII.

Trouver une ligne droite égale à la circonférence d'un cercle donné.

LE diametre d'un cercle est à sa circonférence environ comme 1000 à 3 1 4, ou comme 50 à 157 ; c'est pourquoi prenez avec un compas ordinaire la longueur du diametre du cercle proposé, & la portez sur les jambes de 50 à 50 de part & d'autre de la ligne des parties égales ; le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez avec ledit compas commun la distance de 157 à 157, vous aurez une ligne droite à peu près égale à la circonférence du cercle proposé : je dis à peu près, parce que la véritable proportion du diametre d'un cercle à sa circonférence, n'a point encore été trouvée géométriquement.

SECTION II.

Des usages de la ligne des plans.

USAGE PREMIER.

Augmenter ou diminuer toutes sortes de figures planes, selon une raison donnée.

SOit pour exemple proposé le triangle A B C, auquel on a dessein d'en faire un semblable qui soit triple en surface.

Fig. 4. Prenez avec un compas commun la longueur du côté A B ; portez-la sur la ligne des plans à l'ouverture du premier plan ; le compas de proportion restant ainsi ouvert, prenez avec le compas commun l'ouverture du troisiéme plan, & vous aurez la longueur du côté homologue audit côté A B ; vous trouverez de la même façon les côtés homologues aux deux autres côtés du triangle proposé, & de ces trois côtés vous formerez le triangle triple du proposé, comme il se voit en la figure 4 de la planche 7. Si le plan proposé a plus de trois côtés, réduisez-le en triangle par une ou plusieurs diagonales.

Si c'est un cercle que l'on veuille diminuer ou augmenter, il faut faire la susdite opération sur son diametre.

USAGE II.

Etant données deux figures planes semblables, trouver quelle raison elles ont entre elles.

PRenez lequel vous voudrez des côtés de l'une desdites figures, & le portez à l'ouverture de quelque plan ; prenez ensuite le côté homologue de l'autre figure, & voyez à l'ouverture de quel plan il convient ; les deux

deux nombres auſquels conviennent les deux côtés homologues expriment la raiſon des plans entre eux ; car ſi, par exemple, le côté *a b* de la plus petite convient au quatriéme plan, & que le côté homologue A B de l'autre convienne au ſixiéme, ces deux plans ſont entre eux comme 4 eſt à 6, c'eſt-à-dire, que le grand contient une fois & demie la ſurface du petit ; & ſi le petit plan contient vingt toiſes quarrées, le grand en contient trente, comme on le voit dans les figures.

Mais ſi le côté d'une figure ayant été mis à l'ouverture d'un plan, le côté homologue ne peut s'ajuſter à l'ouverture d'aucun nombre entier, il faudra mettre ledit côté de la premiere figure à l'ouverture de quelqu'autre plan, juſqu'à ce qu'on trouve un nombre entier, dont l'ouverture convienne à la longueur du côté homologue de l'autre figure, afin d'éviter les fractions.

Si les figures propoſées ſont ſi grandes, qu'aucun de leurs côtés ne ſe puiſſe appliquer à l'ouverture des jambes du compas de proportion, prenez les moitiés, tiers ou quarts de chacun des côtés homologues deſdites figures, & les comparant enſemble, vous aurez la proportion des plans.

USAGE III.

Ouvrir le compas de proportion, en ſorte que les deux lignes des plans faſſent un angle droit.

PRenez avec un compas commun ſur la ligne des plans depuis le centre l'étendue d'un nombre de plans tel que vous voudrez, comme, par exemple, 40 ; appliquez cette ouverture de compas ſur la même ligne des plans de part & d'autre à un nombre qui égale la moitié du précédent, comme eſt 20 en cet exemple ; alors les deux lignes des plans feront au centre du compas un angle droit, puiſque par la conſtruction de la ligne des plans, le nombre marqué 40, qui fait comme le plus grand côté d'un triangle, ſignifie un plan égal aux deux autres plans ſemblables marqués ſur les jambes du compas par les nombres 20. D'où il ſuit par la quarante-huitiéme du premier, que ledit angle eſt droit.

USAGE IV.

Conſtruire un plan ſemblable & égal à deux plans ſemblables donnés.

OUvrez le compas de proportion à angles droits par l'uſage précédent, & portez deux côtés homologues tels que vous voudrez des deux plans propoſés ſur la ligne des plans depuis le centre, l'un ſur une jambe, & l'autre ſur l'autre jambe, la diſtance des deux nombres trouvés donnera le côté homologue d'un plan ſemblable & égal aux deux donnés.

Si, par exemple, le côté du moindre plan, étant porté ſur une des jambes du compas de proportion depuis le centre, rencontre le quatriéme plan, & que le côté homologue de l'autre plan porté ſur l'autre jambe, rencontre le neuviéme plan, la diſtance de 4 à 9, qui ſera égale au treiziéme plan, ſi le compas eſt ouvert, comme il eſt dit, ſera le côté homologue d'un plan égal aux deux propoſés, par le moyen duquel il ſera facile de conſtruire le plan ſemblable.

On peut par cet uſage ajoûter enſemble tant de plans ſemblables que l'on voudra, en ajoûtant enſemble les deux premiers, puis à leur ſomme ajoûtant le troiſiéme, & ainſi de ſuite.

USAGE V.

Etant donnés deux plans ſemblables & inégaux, en trouver un troiſiéme auſſi ſemblable & égal à leur différence.

OUvrez le compas de proportion, de ſorte que les deux lignes des plans faſſent un angle droit, & portez un côté du moindre plan ſur une des jambes depuis le centre; portez enſuite le côté homologue du plus grand plan, en mettant une des pointes du compas commun ſur le nombre où ſe termine le premier côté, ſon autre pointe rencontrera ſur l'autre jambe le nombre du plan requis.

Si, par exemple, ayant porté le côté du moindre plan depuis le centre, on trouve qu'il tombe ſur le nombre 9 d'une jambe du compas de proportion, prenez avec un compas ordinaire l'étendue du côté homologue du plus grand plan, en mettant une de ſes pointes ſur ledit nombre 9, l'autre pointe marquera ſur l'autre jambe le nombre 4; c'eſt pourquoi prenant la diſtance dudit nombre 4 au centre du compas de proportion, vous aurez le côté homologue d'un plan ſemblable & égal à la différence des deux plans donnés, dont la raiſon eſt ici ſuppoſée de 9 à 13.

USAGE VI.

Entre deux lignes droites données, trouver une moyenne proportionnelle.

POrtez chacune des deux lignes données ſur la ligne des parties égales du compas de proportion, afin de ſçavoir le nombre que chacune en contient, & ſuppoſé, par exemple, que la moindre ligne ſoit de 20 parties égales, & la plus grande de 45, portez la plus grande, qui eſt 45, à l'ouverture du quarante-cinquiéme plan, qui dénote le nombre de ſes parties; le compas de proportion reſtant ainſi ouvert, prenez l'ouverture du vingtiéme plan, qui marque le nombre des parties égales de la plus petite ligne, cette ouverture qui doit contenir 30 des mêmes parties, donnera la moyenne proportionnelle: car 20 ſont à 30, comme 30 ſont à 45.

Mais comme le plus grand nombre de la ligne des plans eſt 64, ſi quelqu'une des lignes propoſées contenoit un plus grand nombre de parties égales, on pourroit faire ladite opération ſur leurs moitiés, tiers ou quarts en cette ſorte. Suppoſant, par exemple, que la moindre des lignes propoſées ſoit de 32, & l'autre de 72, portez la moitié de la grande ligne à l'ouverture du trente-ſixiéme plan, & prenez l'ouverture du ſeiziéme, cette ouverture étant doublée donnera la moyenne proportionnelle que l'on cherche.

SECTION III.

Des usages de la ligne des polygones.

USAGE PREMIER.

Décrire un polygone régulier dans un cercle donné.

PRenez avec le compas commun la longueur du demi-diametre du cercle donné A C, & l'ajuſtez à l'ouverture du nombre 6 marqué de part & d'autre ſur la ligne des polygones ; & le compas de proportion demeurant ainſi ouvert ; prenez l'ouverture des deux nombres égaux qui expriment le nombre des côtés du polygone que vous voulez décrire. Prenez, par exemple, l'ouverture de 5 à 5, pour décrire un pentagone ; de 7 à 7 pour un eptagone, & ainſi des autres. Cette ouverture étant portée autour de la circonférence du cercle, le diviſera en autant de parties égales, & il ſera facile de décrire tout polygone régulier depuis le triangle équilateral juſqu'au dodécagone, comme eſt décrit le pentagone en la figure ſixiéme. Fig. 6. *Planche. VI.* Fig. 1.

USAGE II.

Sur une ligne donnée décrire un polygone régulier.

SI, par exemple, on veut décrire ſur la ligne A B de la ſuſdite figure 6 un pentagone, prenez avec un compas commun la longueur de ladite ligne, & l'ayant appliquée à l'ouverture des nombres 5 marqués de part & d'autre ſur la ligne des polygones, laiſſez le compas de proportion ainſi ouvert, & prenez ſur la même ligne l'ouverture de 6 à 6, qui ſera le demi-diametre du cercle propre à décrire le pentagone régulier propoſé ; c'eſt pourquoi ſi avec cette ouverture vous décrivez des extrémités de la ligne donnée A B deux arcs de cercle, leur interſection ſera le centre dudit cercle.

Si l'on propoſe un eptagone, appliquez la longueur de la ligne donnée à l'ouverture des nombres 7 marqués de part & d'autre ſur la ligne des polygones, & prenez toujours l'ouverture de 6 à 6 pour trouver, comme deſſus, le centre d'un cercle, dans lequel il ſera facile d'inſcrire l'eptagone, dont chaque côté ſera égal à la ligne donnée.

USAGE III.

Couper une ligne donnée en moyenne & extrême raiſon, comme D E, fig. 7.

APpliquez la longueur de la ligne donnée à l'ouverture des nombres 6 & 6 marqués de part & d'autre ſur la ligne des polygones ; & le compas de proportion demeurant ainſi ouvert, prenez l'ouverture des nombres 10, qui ſont ceux du décagone. Cette ouverture donnera D F, qui ſera la médiane, c'eſt-à-dire, le plus grand ſégment de la ligne propoſée, puiſque la médiane du rayon d'un cercle coupé en moyenne & extrême raiſon, eſt la corde de 36 dégrés, qui eſt la dixiéme partie de ſa circonférence. Fig. 7. *Planche. VI.* Fig. 1.

Que ſi l'on ajoûte cette médiane au rayon du cercle, pour n'en faire qu'une ligne, ledit rayon deviendra la médiane, & la corde de 36 dégrés ſera le petit ſégment.

USAGE IV.

Sur une ligne donnée D F (figure 8) décrire un triangle iſoſcele, qui ait les angles de la baſe doubles de celui du ſommet.

Fig. 8.

APpliquez la longueur de la ligne donnée à l'ouverture des nombres 10 marqués de part & d'autre ſur la ligne des polygones; & le compas de proportion reſtant ainſi ouvert, prenez l'ouverture des nombres 6, pour avoir la longueur des deux côtés égaux du triangle qu'on veut conſtruire.

Planche. VI. Fig. 1.

Il eſt évident que l'angle du ſommet de ce triangle eſt de 36 dégrés, & que chacun des angles de la baſe eſt de 72 dégrés; or l'angle de 36 dégrés eſt l'angle du centre d'un décagone.

USAGE V.

Ouvrir le Compas de proportion, en ſorte que les deux lignes des polygones faſſent un angle droit.

PRenez avec le compas commun ſur la ligne des polygones la diſtance depuis le centre du compas de proportion juſqu'au nombre 5, ouvrez enſuite le compas de proportion, de ſorte que cette diſtance ſoit appliquée d'une part ſur le nombre 6, & de l'autre part ſur le nombre 10 des deux lignes des polygones, elles feront au centre un angle droit, parce que le quarré du côté du pentagone eſt égal au quarré du côté de l'exagone, & au quarré du côté du décagone.

SECTION IV.

Des uſages de la ligne des cordes.

USAGE PREMIER.

Ouvrir le Compas de proportion, de ſorte que les deux lignes des cordes faſſent un angle de tant de dégrés qu'on voudra.

PRenez avec un compas ordinaire le long de la ligne des cordes la diſtance depuis le centre de la charniere juſqu'au nombre des dégrés propoſés; ouvrez enſuite le compas de proportion, de ſorte que cette diſtance s'accorde aux deux nombres 60 marqués de part & d'autre ſur la ligne des cordes, elles feront l'angle requis.

Fig. 9.

Si, par exemple, vous voulez qu'elles faſſent un angle de 40 dégrés, comme en la figure 9 de la planche 7, prenez la diſtance du centre au nombre 40, & la portez à l'ouverture de 60 à 60. Si voulez un angle droit, prenez la diſtance du centre à 90 dégrés, & la portez pareillement à l'ouverture de 60 à 60, & ainſi des autres.

USAGE II.

Le Compas de proportion étant ouvert, trouver les dégrés de ſon ouverture.

PRenez l'ouverture de 60 dégrés, & la portez le long de la ligne des cordes depuis le centre, le nombre où elle ſe terminera, marquera les dégrés de ſon ouverture.

C'eſt ſur la ligne des cordes que l'on place quelquefois des pinules pour meſurer un angle ſur la terre, ou pour y en faire un d'autant de dégrés que l'on veut, en ajoûtant un genouil au compas de proportion, & le plaçant ſur un pied, pour l'élever à la hauteur de l'œil, en pratiquant ce que nous venons de dire en ces deux uſages; mais nous eſtimons qu'il eſt plus aiſé de ſe ſervir d'un demi-cercle diviſé pour faire ces ſortes d'opérations.

USAGE III.

Sur une ligne droite donnée, faire un angle rectiligne d'autant de dégrés qu'on voudra.

DEcrivez ſur la ligne donnée un arc de cercle ayant pour centre le point auquel vous voulez faire l'angle, portez le rayon dudit arc à l'ouverture de la corde de 60 à 60 dégrés; le compas de proportion demeurant ainſi ouvert, prenez l'ouverture de la corde du nombre des dégrés propoſés, & la portez depuis la ligne ſur l'arc que vous avez décrit; tirez enfin une ligne droite du centre par l'extrémité de cet arc, pour former l'angle requis.

Soit propoſé pour exemple de faire à l'extrémité B de la ligne A B, un angle de 40 dégrés; ayant fait dudit point B un arc de cercle à diſcrétion, portez-en le rayon toujours à l'ouverture de la corde de 60 dégrés, parce que le rayon d'un cercle eſt toujours égal à la corde de 60 dégrés du même cercle; prenez enſuite l'ouverture de la corde de 40 dégrés, & la portez ſur l'arc de cercle C D; enfin tirant la droite du point B par le point D, vous aurez fait un angle de 40 dégrés : figure 10. Fig. 10.

On peut par cet uſage tracer une figure, dont les angles & les côtés ſont connus.

USAGE IV.

Etant donné un angle rectiligne, trouver combien de dégrés il contient.

DU ſommet de l'angle donné comme centre, décrivez un arc de cercle, & portez ſon rayon à l'ouverture de la corde de 60 dégrés; prenez enſuite ſur le papier la corde de l'arc décrit entre les côtés qui forment l'angle, & cherchez ſur les jambes du compas de proportion à quelle ouverture elle convient, le nombre des dégrés vous indiquera la valeur dudit angle.

USAGE V.

Prendre sur la circonférence d'un cercle donné un arc d'autant de dégrés que l'on voudra.

APpliquez le rayon du cercle donné sur les jambes du compas de proportion, à l'ouverture de la corde de 60 dégrés ; & ledit compas demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de la corde du nombre de dégrés proposés, & la portez sur la circonférence du cercle donné.

On peut par cet usage inscrire dans un cercle toutes sortes de polygones réguliers, aussi-bien que par la ligne des polygones, en connoissant son angle du centre par la méthode & par la table ci-devant rapportée, en traitant de la construction de la ligne des polygones.

Fig. 11. Soit, par exemple, proposé de faire un pentagone régulier par la ligne des cordes. Ayant connu que son angle du centre est de 72 dégrés, portez le rayon du cercle à l'ouverture de la corde de 60 dégrés, & prenez ensuite l'ouverture de la corde de 72 dégrés, laquelle étant portée sur la circonférence du cercle donné, le divisera en cinq également, & les cinq cordes étant tracées, seront les côtés du pentagone.

USAGE VI.

Sur une ligne donnée F G, décrire un polygone régulier.

SI, par exemple, on propose de construire un pentagone, dont l'angle du centre est de 72 dégrés, portez la longueur de la ligne donnée à l'ouverture de la corde de 72 dégrés, & le compas de proportion demeurant ainsi ouvert, prenez l'ouverture de la corde de 60 dégrés, avec laquelle, des extrémités de la ligne donnée, vous décrirez deux arcs de cercle, & le point de leur intersection D sera le centre d'un cercle, dont la circonférence sera divisée en cinq parties égales par la ligne donnée, & ladite corde de 60 dégrés sera égale au rayon de ce cercle.

SECTION V.

Des usages de la ligne des solides.

USAGE PREMIER.

Augmenter ou diminuer tous solides semblables selon une raison donnée.

Fig. 12. SOit proposé, par exemple, un cube, duquel on en demande un qui soit double en solidité. Prenez le côté du cube donné sur la ligne des solides à l'ouverture de tel nombre que vous voudrez, comme, par exemple, de 20 à 20 ; puis prenez l'ouverture d'un nombre double, comme est en cet exemple le nombre 40 ; cette ouverture est le côté d'un cube double du proposé.

Si l'on propoſe une boule ou ſphere, & que l'on veuille en faire une autre qui ſoit trois fois plus groſſe ; portez le diametre de la boule propoſée à l'ouverture de tel nombre qu'il vous plaira; comme, par exemple, de 20 à 20, & prenez l'ouverture de 60, ce ſera le diametre d'une autre boule triple en ſolidité.

Si l'on propoſe encore un coffre parallelipipede rectangle qui contienne trois meſures de grain, & que l'on en veuille faire faire un autre ſemblable, qui en contienne cinq ; portez la longueur de la baſe à l'ouverture du trentiéme ſolide, & prenez l'ouverture du cinquantiéme pour le côté homologue de celui qui eſt à faire ; portez enſuite la largeur à l'ouverture du même nombre 30, & prenez l'ouverture du cinquantiéme ſolide pour le côté homologue à ladite largeur ; de ces deux ouvertures ayant conſtruit un parallelograme, prenez enfin la profondeur dudit coffre, & l'ayant portée à l'ouverture du trentiéme ſolide, vous prendrez l'ouverture du cinquantiéme ſolide, pour avoir le côté homologue, c'eſt-à-dire, la profondeur, avec laquelle il ſera facile de conſtruire ledit parallelipipede rectangle, qui contiendra les cinq meſures propoſées.

Si les lignes ſont trop grandes pour être appliquées à l'ouverture du compas de proportion, prenez la moitié, tiers ou quart des unes & des autres ; ce qui en proviendra après l'opération ſera moitié, tiers ou quart des dimenſions requiſes.

USAGE II.

Etant donnés deux corps ſemblables, trouver quelle raiſon ils ont entre eux.

PRenez lequel vous voudrez des côtés de l'un deſdits corps propoſés, & l'ayant porté à l'ouverture de quelque ſolide, prenez le côté homologue de l'autre corps, & voyez à quel nombre des ſolides il convient ; les nombres auſquels ces deux côtés homologues conviennent, indiquent la raiſon des deux corps ſemblables entre eux.

Que ſi le premier ayant été mis à l'ouverture de quelque ſolide, le côté homologue du ſecond ne peut s'accommoder à l'ouverture d'aucun nombre, portez le côté du premier corps à l'ouverture de quelque autre ſolide juſqu'à ce que le côté homologue du ſecond corps s'accommode à l'ouverture de quelque nombre des ſolides.

USAGE III.

Conſtruire & diviſer une ligne ſervant à connoître les calibres des boulets & des canons.

L'Expérience nous ayant appris qu'un boulet de fer fondu de trois pouces de diametre peſe quatre livres, il ſera facile de trouver les diametres des autres boulets de différens poids & de même métail, en cette maniere.

Portez l'étendue de trois pouces à l'ouverture du quatriéme ſolide, & ſans changer l'ouverture du compas de proportion, prenez ſur la même ligne des ſolides les ouvertures de tous les nombres depuis un juſqu'à 64 ; portez toutes ces longueurs les unes après les autres ſur une ligne droite

tracée ſur une régle ou ſur le long d'une des jambes du compas de proportion, & là où ces diametres ſe termineront, marquez-y les chifres qui feront connoître la peſanteur des boulets.

Pour marquer enſuite les fractions de la livre, comme un quart, une demie, trois quarts, portez le diametre du boulet d'une livre à l'ouverture du quatriéme ſolide, & prenez l'ouverture du premier ſolide pour le diametre d'un quart de livre, l'ouverture du ſecond ſolide pour une demie, & celle du troiſiéme pour trois quarts de livre, & ainſi du reſte. Quand on connoît le calibre des boulets, on connoît auſſi le calibre du canon auquel ces boulets ſont propres, parce qu'ordinairement on donne deux ou trois lignes pour le vent des gros boulets, afin qu'ils puiſſent facilement y entrer, & les petits à proportion.

Les diametres des boulets ſe meſurent avec un compas ſphérique, comme il ſera plus amplement expliqué, en parlant des inſtrumens propres à l'artillerie.

USAGE IV.

Etant donnés pluſieurs ſolides ſemblables, en conſtruire un autre auſſi ſemblable & égal aux donnés.

PORtez lequel vous voudrez des côtés de quelqu'un des corps propoſés à l'ouverture de quelque ſolide, & ajoûtez à l'ouverture des autres ſolides les côtés homologues des autres corps. Ajoûtez enſemble les nombres qui expriment ainſi leur proportion, & prenez l'ouverture de la ſomme provenue de cette addition, vous aurez le côté homologue d'un corps égal & ſemblable à tous les autres.

Suppoſons, par exemple, que le côté choiſi du premier corps étant porté à l'ouverture du cinquiéme ſolide, les côtés homologues des autres conviennent, l'un à l'ouverture du ſeptiéme, & l'autre à celle du huitiéme ſolide. J'ajoûte enſemble ces trois nombres 5, 7 & 8, & leur ſomme eſt 20; c'eſt pourquoi l'ouverture du 20me ſolide ſera le côté homologue d'un corps égal & ſemblable aux trois autres.

USAGE V.

Etant donnés deux corps ſemblables & inégaux, en trouver un troiſiéme auſſi ſemblable & égal à la différence des donnés.

PORtez lequel côté vous voudrez de l'un des corps à l'ouverture de quelque ſolide que ce ſoit, & voyez à quelle autre ouverture convient le côté homologue de l'autre corps; ôtez le moindre nombre du plus grand, & prenez l'ouverture du nombre reſtant, vous aurez le côté homologue du corps égal à la différence des deux.

Si, par exemple, le côté du plus grand étant porté à l'ouverture du quinziéme ſolide, le côté homologue du moindre convient à l'ouverture du neuviéme, ôtant 9 de 15, reſte 6; c'eſt pourquoi l'ouverture du ſixiéme ſolide donnera le requis.

USAGE

USAGE VI.

Entre deux lignes données, trouver deux moyennes proportionnelles.

Soient proposées pour exemple deux lignes, dont l'une contienne 54 parties égales, & l'autre 16; ouvrez le compas de proportion, & portez la longueur de la ligne qui contient 54 parties égales à l'ouverture du cinquante-quatriéme solide, & prenez l'ouverture du seiziéme, cette ouverture sera la plus grande des deux moyennes proportionnelles qu'on cherche; ensuite portez cette ligne, qui en cet exemple contient 36 des mêmes parties égales à l'ouverture dudit cinquante-quatriéme solide, ce qui se fait en resserrant les jambes du compas de proportion; & prenant une seconde fois l'ouverture du seiziéme solide, vous aurez la moindre des deux moyennes proportionnelles qu'on cherche, laquelle en cet exemple contiendra 24 des mêmes parties égales, tellement que ces quatre lignes seront en proportion continue, & en même raison que ces quatre nombres 54, 36, 24, 16.

Si les lignes sont trop longues, ou les nombres de leurs parties égales trop grands, il ne faut que prendre leurs moitiés, tiers, ou quarts, &c. & opérez comme dessus. Si, par exemple, on cherche deux moyennes proportionnelles entre deux lignes, dont l'une contient 32, & l'autre 256, je prends le quart de chacune de ces lignes, qui sera 8 & 64, je porte le premier nombre 8 à l'ouverture du huitiéme solide, & je prends l'ouverture du 64, qui me donne 16 pour la premiere des deux moyennes proportionnelles; puis je porte la longueur de la ligne de 16 à l'ouverture du huitiéme solide, & l'ouverture du soixante-quatriéme me donne une ligne de 32 parties égales; après quoi je multiplie ces deux nombres trouvés par quatre, pour les remettre en leur entier, tellement qu'entre les deux lignes proposées la premiere des deux moyennes est de 94, la seconde de 128, & ces quatre lignes en proportion continue sont en même raison que ces quatre nombres 32, 64, 128, 256.

USAGE VII.

Etant donné un parallelipipede, trouver le côté d'un cube qui lui soit égal.

Cherchez un moyen proportionnel entre les deux côtés de la base du parallelipipede, puis entre la valeur du nombre trouvé & la hauteur du parallelipipede cherchez le premier des deux nombres moyens proportionnels, lequel sera le côté du cube cherché.

Soient les deux côtés d'un parallelipipede 24 & 54, & sa hauteur 63; on demande le côté d'un cube qui lui soit égal; je porte la ligne de 54 parties égales à l'ouverture du cinquante-quatriéme plan, & je prends l'ouverture du vingt-quatriéme, laquelle portée sur la ligne des parties égales me donne 36 pour moyen proportionnel; ensuite je porte 36 à l'ouverture du trente-sixiéme solide, & je prends l'ouverture du soixante-troisiéme, qui me donne un peu moins de 44 & demi pour le côté du cube égal au parallelipipede proposé.

USAGE VIII.

Conſtruire & diviſer une jauge, pour meſurer les tonneaux & tous vaiſſeaux ſemblables propres à contenir des liqueurs.

LA jauge, dont je prétends parler ici, eſt une régle de quelque métail diviſée en certaines parties, qui marquent le nombre des pintes contenues dans le tonneau, l'ayant fait entrer par le bondon, juſqu'à ce que ſon extrémité touche l'angle que fait le fond avec les douves dans la partie
Fig. 13. la plus éloignée du bondon, comme on voit la ligne A C, ſituée en forme de diagonale.

Cette jauge étant ainſi poſée, la diviſion qui répond au milieu de l'ouverture du bondon au-dedans du tonneau, marque le nombre des pintes qu'il contient.

Mais il eſt à propos de rechanger la poſition de ladite verge, en ſorte que ſon extrémité C touche l'angle de l'autre fond B, afin de connoître ſi l'ouverture du bondon eſt juſtement au milieu : car s'il ſe trouve quelque différence, il en faut prendre la moitié.

L'uſage de cette jauge eſt très-facile, puiſque ſans calcul on trouve d'abord la capacité des tonneaux ; toute l'adreſſe conſiſte à la bien diviſer.

Pour cet effet on peut faire conſtruire un petit baril contenant un ſeptier, c'eſt-à-dire huit pintes, lequel ſoit parfaitement ſemblable aux tonneaux qui ſont en uſage dans le pays : car cette jauge ne peut être juſte que dans des tonneaux ſemblables, c'eſt-à-dire, qui ont les diametres des fonds, & celui à l'endroit du bondon avec la longueur dans les mêmes proportions que celui qui a ſervi pour les diviſions.

Suppoſons, par exemple, que le diametre de chacun des fonds d'un tonneau ſoit de vingt pouces, le diametre de la coupe à l'endroit du bondon de vingt-deux pouces, & ſa longueur intérieure de trente pouces, ce vaiſſeau contiendra vingt-ſept ſeptiers, meſure de Paris, comme ſont les demi-queues d'Orleans ; & ſa meſure diagonale, qui répond au milieu de l'ouverture du bondon, ſera de vingt-cinq pouces neuf lignes & demie, comme il eſt aiſé de trouver par le calcul, puiſque dans le triangle rectangle A D C,
Fig. 13. on connoît le côté C D 15 pouces, & D A 22, & qu'ajoûtant leurs quarrés, on aura par la quarante-ſeptiéme du premier livre d'Euclide le quarré de la diagonale ou hypotenuſe A C, & enſuite ſa racine.

Suivant les mêmes proportions un baril dont les dimenſions ſeroient le tiers des précédentes, contiendroit un ſeptier ou huit pintes, c'eſt-à-dire, que le diametre de chacun des fonds ſeroit de ſix pouces huit lignes, celui du milieu de ſept pouces quatre lignes, ſa longueur intérieure de dix pouces, & ſa diagonale ſeroit de huit pouces ſept lignes.

Un autre baril dont les dimenſions ſeroient moitié de celles-ci, contiendroit une pinte, c'eſt-à-dire, ſi le diametre de chacun des fonds eſt de trois pouces quatre lignes, celui du milieu ſous le bondon de trois pouces huit lignes, & la longueur intérieure du baril de cinq pouces, la diagonale qui répond au milieu de l'ouverture du bondon ſera de quatre pouces trois lignes & demie.

Prenez donc une verge ou régle longue de trois à quatre pieds, &

ſervez-vous de laquelle vous jugerez à propos de ces trois meſures; par exemple, ſi vous voulez y marquer les ſeptiers, marquez un point au milieu de ſa largeur diſtant d'un des bouts de huit pouces ſept lignes; pour y marquer un ſeptier, doublez cette meſure, & y marquez huit ſeptiers; triplez la même meſure, & y marquez vingt-ſept ſeptiers; quadruplez-la, & y marquez ſoixante-quatre ſeptiers, parce que les ſolides ſemblables ſont entre eux comme les cubes de leurs côtés homologues.

Pour y marquer enſuite les autres nombres de ſeptiers, prenez avec un compas commun la longueur de huit pouces ſept lignes, & l'ayant portée à l'ouverture du premier ſolide, arrêtez fixément en cet état les deux régles ou jambes du compas de proportion, & prenez l'ouverture du ſecond ſolide, pour marquer ſur ladite jauge l'étendue qui convient à deux ſeptiers.

Prenez de même l'ouverture du troiſiéme ſolide, pour marquer ſur la jauge l'étendue de la diagonale qui convient à trois ſeptiers, & ainſi de ſuite; par ce moyen la jauge ſera diviſée de ſeptier en ſeptier.

On pourra avec la même facilité y marquer les pintes: car, par exemple, la moitié de l'étendue qui convient à deux ſeptiers ſervira pour y marquer deux pintes; la moitié de l'étendue des trois ſeptiers ſervira pour y marquer trois pintes; la moitié de la diagonale de quatre ſeptiers ſera celle de quatre pintes, & ainſi du reſte.

Si le compas de proportion n'eſt point aſſez grand pour porter la meſure diagonale d'un ſeptier à l'ouverture du premier ſolide, on y portera celle d'une pinte; & ayant marqué ſur la jauge autant de pintes qu'on pourra, on aura les diagonales des ſeptiers de même nombre, en doublant les meſures des pintes; ainſi, par exemple, ſi on double la diagonale de ſix pintes, on aura celle de ſix ſeptiers; ſi on double la meſure de ſept pintes, on aura celle de ſept ſeptiers, & ainſi de toutes les autres meſures.

Si la meſure diagonale d'une pinte eſt encore trop grande pour être portée à l'ouverture du premier ſolide, on y portera ſa moitié; & le compas de proportion reſtant ainſi ouvert, on prendra l'ouverture du ſecond ſolide, que l'on doublera pour avoir la diagonale de deux pintes; ayant pris de même l'ouverture du troiſiéme ſolide, on la doublera pour marquer ſur la jauge la diagonale de trois pintes, & ainſi du reſte.

Les marques des ſeptiers traverſeront toute la largeur de la verge, & ſur icelles on gravera les chifres qui expriment leurs nombres; & les marques des pintes ſeront plus petites, pour les diſtinguer.

Afin que cette jauge puiſſe ſervir à meſurer pluſieurs ſortes de tonneaux diſſemblables, on pourra marquer d'autres diviſions ſur chacune de ſes faces, ſuivant les proportions des diametres & longueurs des différentes eſpeces de tonneaux uſités dans le pays, & l'on marquera ſur un des bouts de chaque face les diametres & longueurs qui ont ſervi à faire les diviſions; par exemple, au bout de la face, où l'on aura marqué la diviſion précédente, on écrira, *diametre des fonds* 20, *diametre du milieu* 22, *longueur* 30; ou pour abréger, *diametre réduit* 21, *longueur* 30.

Si pour les diviſions d'une autre face on ſe ſert des meſures d'un tonneau, dont le diametre de chaque fond ſoit de vingt & un pouces, celui du milieu vingt-trois, & la longueur intérieure vingt-ſept pouces & demi, ce tonneau plus court que l'autre, mais plus gros, contiendroit à peu près la même quantité, c'eſt-à-dire, vingt-ſept ſeptiers, & ſa diagonale ſeroit de vingt-ſix pouces.

Si un autre tonneau a toutes ſes dimenſions du tiers des précédentes, il contiendra un ſeptier, & ſa diagonale A C ſera de huit pouces huit lignes; au moyen de quoi il ſera facile de faire les diviſions, comme nous avons dit ci-devant, & de marquer ſur ladite face, *diametre réduit* 22, *longueur* 27 *& demi*.

Si l'on fait quatre diviſions différentes ſur les quatre faces de la régle, on aura ſur cette même régle quatre différentes jauges qui ſerviront à meſurer quatre eſpeces différentes de tonneaux, & l'on choiſira celle qui conviendra le mieux pour jauger ceux qui ſe préſenteront, en examinant les proportions de leurs diametres & longueurs.

Au lieu de ſe ſervir des jambes du compas de proportion pour diviſer la jauge diagonale dont nous venons de parler, on peut encore mieux ſe ſervir de la table des ſolides rapportée à la page 32. Ainſi ayant reconnu par le calcul, que la diagonale d'un tonneau qui contient 27 ſeptiers, eſt de 26 pouces, il ſera facile de trouver les autres diagonales des tonneaux de toute grandeur propoſée, qui auront les mêmes proportions du diametre réduit à la longueur, comme de 22 à 27 & demi; ou pour abreger, comme de 4 à 5.

Soit propoſé pour exemple, à trouver la diagonale d'un quarteau contenant 9 ſeptiers; cherchez dans la ſuſdite table le nombre qui répond au neuviéme ſolide, vous trouverez 520; cherchez en même tems le nombre correſpondant au vingt-ſeptiéme ſolide, vous y trouverez 750; formez-en la regle de trois, de la maniere qui ſuit :

750. 520. 26. 1. 8.

La régle étant faite, vous trouverez 18 pouces pour diagonale de 9 ſeptiers. Les Tonneliers des environs de Paris font à peu près leurs tonneaux dans les proportions de 4 à 5; comme ſeroit, par exemple, un demi-muid ayant 19 pouces 2 lignes de diametre réduit, & 24 pouces de longueur intérieure, & dans ce cas ſa diagonale ſeroit de 22 pouces 8 lignes & demie, comme il eſt aiſé de le connoître par le calcul.

L'autre eſpece de tonneau, dont il eſt parlé à la page 50, eſt plus longue; car ſon diametre réduit eſt à ſa longueur intérieure comme 7 à 10.

Mais en général, ſi-tôt qu'on a reconnu les proportions uſitées dans un pays pour la fabrique des tonneaux, on trouvera premierement la diagonale d'un vaiſſeau contenant certain nombre de ſeptiers, par la quarante-ſeptiéme du premier Livre d'Euclide, ou bien par l'expérience, & enſuite les diagonales de tous les autres tonneaux faits dans les mêmes proportions, par le moyen de la ſuſdite table des ſolides.

SECTION VI.

Contenant la conſtruction & l'uſage de pluſieurs autres ſortes de jauges.

LA jauge que nous avons ci-devant expliquée n'eſt propre qu'à meſurer des vaiſſeaux ſemblables; mais celles dont nous allons parler, peuvent ſervir à meſurer toutes ſortes de vaiſſeaux cylindriques, quoiqu'ils ne ſoient pas ſemblables.

Ces méthodes de jauger ſont fondées ſur la ſuppoſition que le tonneau

eſt égal au cylindre qui a ſa hauteur égale à la longueur intérieure du tonneau, & ſa baſe égale au cercle dont le diametre eſt moyen proportionnel arithmétique entre les diametres à l'endroit des fonds, & celui du milieu ſous le bondon : ce qui eſt aſſez exact pour la pratique, principalement lorſqu'il y a un peu de différence entre les cercles des fonds & celui du milieu du tonneau.

Pour conſtruire la premiere ſorte de jauge, il faut déterminer la meſure dont on veut ſe ſervir, en la comparant avec quelque vaſe régulier, comme un cylindre concave, dans lequel on verſera une meſure du pays remplie d'eau ou de quelque autre liqueur, dont on marquera exactement le diametre & la profondeur occupée par ladite liqueur.

Si, par exemple, on veut faire cette jauge pour Paris, où la pinte contient quarante-huit pouces cubiques, ou bien ſoixante & un pouces cylindriques, on trouvera par le calcul, qu'un cylindre concave ayant trois pouces onze lignes & un tiers de diametre & autant de profondeur, contient une pinte, meſure de Paris; qu'un cylindre dont les meſures ſont doubles, c'eſt-à-dire, de ſept pouces dix lignes & deux tiers, contient un ſeptier ou huit pintes; car les ſolides ſemblables ſont entre eux comme les cubes de leurs côtés homologues.

Cela ſuppoſé, portez cette longueur de 3 pouces 11 lignes 1 tiers ſur une des faces de la jauge, autant de fois qu'elle y pourra être compriſe, & y marquez des points, où vous écrirez 1, 2, 3, 4, 5, &c. vous ſubdiviſerez chacune de ces parties en quatre, ou plus, ſi vous voulez. Cette face ainſi diviſée, ſera appellée côté des parties égales, & ſervira à meſurer la longueur des tonneaux. Fig. 14.

Il faut auſſi marquer ſur une autre face de la jauge le diametre du même cylindre, que nous ſuppoſons pareillement de trois pouces onze lignes & un tiers, & enſuite les diametres des cercles doubles, triples, quadruples, &c. par quelqu'une des méthodes ci-devant expliquées pour diviſer la ligne des plans du compas de proportion, dont la plus facile & la plus courte eſt de faire un triangle iſoſcele rectangle A B C, dont chacune des jambes autour de l'angle droit ſoit de trois pouces onze lignes un tiers, l'hypotenuſe B C ſera le diametre d'un cercle double; c'eſt pourquoi ayant prolongé vers D une deſdites jambes A B, autant qu'il eſt beſoin pour y marquer tous les diametres des tonneaux qu'on veut meſurer, vous porterez de A vers D ladite hypotenuſe, & au point où elle ſe terminera vous marquerez le chifre 2 3; prenez enſuite la diſtance C 2, & l'ayant portée ſur la ligne A D, vous marquerez le chifre 3 au point où elle ſe terminera; prenez de même la diſtance C 3, & l'ayant portée ſur la ligne A D, vous y marquerez le chifre 4, & ainſi de tous les autres diametres que vous voudrez marquer ſur la jauge. Fig. 15.

Remarquez que la ligne A 4, qui eſt le diametre d'un cercle quadruple du premier, eſt double de A C, ou A B, parce que les cercles ſont entre eux comme les quarrés de leurs diametres. Or A B étant 1, ſon quarré eſt 1, & la ligne A 4 étant ſuppoſée 2, ſon quarré eſt 4.

Pour vous ſervir de cette jauge, appliquez le côté des parties égales ſur la longueur extérieure du tonneau, dont il faudra diminuer la profondeur des jables de chaque fond, & l'épaiſſeur des douves qui compoſent les mêmes fonds, afin d'avoir au juſte ſa longueur intérieure.

Appliquez enſuite le côté des diametres de ladite jauge ſur le diametre des fonds du tonneau, & remarquez le nombre qui leur convient, & s'ils ſont égaux ou non ; car s'il y a quelque différence entre les diametres du fond, il faut les égaler, en prenant la moitié de leur ſomme.

Faites encore entrer la jauge à plomb par le trou du bondon, afin d'avoir le plus grand diametre intérieur de la coupe du milieu, que vous ajouterez avec le diametre des fonds & en prendrez la moitié, pour avoir un diametre moyen arithmétique, lequel étant multiplié par la longueur intérieure du tonneau, le produit vous marquera le nombre des meſures qu'il contient.

Soit pour exemple la longueur intérieure d'un tonneau de quatre meſures & trois quarts, après en avoir diminué deux pouces de chaque côté ſur la longueur extérieure, ſçavoir un pouce & demi pour la profondeur des jables, & demi-pouce pour l'épaiſſeur des douves qui compoſent les fonds : ſoit auſſi le diametre de chaque fond 15 & le diametre du milieu 17 parties, j'additionne 15 & 17, la ſomme eſt 32, dont la moitié eſt 16, que je multiplie par la longueur 4 & trois quarts, & le produit 76 ſera le nombre des pintes ou meſures contenues dans le tonneau propoſé.

Pour la ſeconde ſorte de jauge, on trouve par le calcul qu'un cylindre qui a pour diametre 3 pieds 3 pouces & 6 lignes & autant pour ſa hauteur, contient mille pintes, meſure de Paris.

Prenez donc ſur une régle une longueur de 3 pieds 3 pouces & 6 lignes ; diviſez cette longueur en dix ; alors chacune de ces parties ſera le diametre, & la hauteur d'un cylindre contiendra une pinte, puiſque les ſolides ſemblables ſont entre eux comme les cubes de leurs côtés homologues : ſubdiviſez encore chacune de ces parties en dix, ce qui ſe pourra facilement faire par le moyen de la ligne des parties égales du compas de proportion ; chacune de ces dernieres parties ſera la hauteur, le diametre d'un cylindre ſolide contenant la milliéme partie d'une pinte. Vous ajoûterez ces petites parties juſqu'au bout de votre régle, & les ayant chifrées de cinq en cinq, votre jauge ſera faite. Vous lui pourrez donner quatre à cinq pieds de long, ſi vous voulez qu'elle ſerve pour meſurer de grands vaiſſeaux, comme ſont les pipes, &c. Fig. 16.

Pour vous en ſervir, voyez combien les diametres des fonds & de la bonde, comme auſſi la longueur du vaiſſeau, contiennent de petites parties de votre jauge.

Par la longueur du vaiſſeau, il faut entendre la longueur intérieure, qui eſt l'eſpace compris en ligne droite entre les fonds ; & par les diametres, on entend les diametres pris en dedans entre les douves.

Si les diametres des fonds ſont égaux, compoſez l'un d'eux avec le diametre de la coupe du milieu, à l'endroit du bondon, & le milieu entre les deux s'appellera le diametre égalé du tonneau.

Si les diametres des fonds ne ſont pas égaux, ajoûtez-les enſemble, & prenez-en la moitié, qui s'appellera le diametre égalé des fonds ; comparez enſuite le diametre égalé avec le grand diametre du milieu au-deſſous du bondon ; ajoûtez-les enſemble, & prenez la moitié de leur ſomme, pour avoir le diametre égalé du vaiſſeau.

Multipliez le diametre égalé du vaiſſeau par lui-même, & le produit par la longueur, vous aurez le nombre de milliéme de pintes contenues dans le vaiſſeau ; tranchez donc les trois dernieres figures vers la droite, les reſtantes montreront combien ledit vaiſſeau contient de pintes.

Soit pour exemple le diametre de chaque fond, 58 parties de ladite jauge, & le diametre du milieu 62, ajoûtez enſemble ces deux nombres, vous aurez 120, dont la moitié 60 eſt le diametre égalé du vaiſſeau; multipliez ce nombre par lui-même, pour avoir ſon quarré 3600; ſuppoſons la longueur intérieure du vaiſſeau 80 des mêmes parties; multipliez 3600 par 80, & le produit ſera 288000, dont ayant retranché les trois dernieres figures, on connoîtra que ce vaiſſeau contient 288 pintes, meſure de Paris.

Ces méthodes de jauger ſont aſſez exactes dans la pratique, lorſqu'il y a peu de différence entre les cercles des fonds & celui du milieu du tonneau, comme aux muids qui ſe font aux environs de Paris; mais lorſque la différence eſt conſidérable, comme elle eſt aux pipes d'Anjou, dont le diametre du milieu eſt beaucoup plus grand que celui des fonds, la meſure faite par les méthodes que nous venons de donner, ſeroit un peu plus petite que la véritable; mais pour en approcher & la rendre plus juſte, diviſez en ſept la différence qui fait l'excès du diametre du milieu, & ajoûtez-en quatre au diametre égalé des fonds; comme ſi, par exemple, le diametre des fonds étoit de 50 petites parties, & celui du milieu de 57 des mêmes parties, vous en prendrez 54 pour le diametre égalé du vaiſſeau, & ferez le reſte, comme il a été dit ci-devant.

Ayant connu par la jauge combien un tonneau contient de pintes de Paris, on pourra trouver ce que le même vaiſſeau contient de toute autre meſures par la méthode ſuivante.

La pinte d'eau douce, meſure de Paris, peſe trente & une onces poid de marc: c'eſt pourquoi il n'y aura qu'à faire peſer dans le pays où l'on ſe trouvera, la meſure d'eau, & par une régle de proportion on trouvera ce que l'on cherche.

Si, par exemple, la meſure d'eau de quelque pays peſe cinquante onces, & que l'on veuille ſçavoir combien de pareilles meſures ſont contenues dans un muid qui contient 288 pintes, meſure de Paris, on dira par une régle de trois: comme 50 ſont à 31, ainſi 288 pintes ſont à un quatriéme nombre; la régle étant faite, on trouvera 178 meſures & demie.

On pourroit marquer ſur une des faces de ladite jauge les pieds & pouces, & ſubdiviſer chaque pouce en quatre: ce qui donneroit un ſecond moyen de jauger les tonneaux, qui ſervira comme de preuve. On marquera les pieds par des chifres romains, & les pouces par d'autres chifres plus petits.

Nous avons dit ci-devant que la pinte de Paris contient 61 pouces cylindriques. C'eſt pourquoi ayant réduit la ſolidité du vaiſſeau en pouces cylindriques, il faudra les diviſer par 61, pour avoir le nombre des pintes qu'il contient. Un exemple ou deux vont donner tout l'éclairciſſement néceſſaire.

Soit, par exemple, la longueur intérieure d'un tonneau 36 pouces, le diametre des fonds 23 pouces, & celui du milieu du tonneau 25. Ajoûtez ces deux diametres, leur ſomme eſt 48, dont la moitié eſt 24 pour le diametre égalé. Multipliez ce nombre 24 par lui-même, le produit eſt 576, & le multipliez encore par 36, vous trouverez 20736 pouces cylindriques, leſquels étant diviſés par 61, le quotient eſt 339 pintes & environ trois quarts.

Si les meſures dont on s'eſt ſervi pour la longueur & les diametres ſont

des quarts de pouce, on diviſera le dernier produit par 3904, pour avoir le nombre des pintes.

Soit, par exemple, la longueur intérieure du vaiſſeau propoſé 35 pouces & un quart, le diametre des fonds 23 pouces, & celui du milieu 25 pouces & demi; ajoûtez enſemble ces deux diametres, leur ſomme ſera 48 & demi, & ſa moitié 42 un quart, leſquels pour la facilité du calcul vous réduirez en quarts, le nombre eſt 97 qu'il faut multiplier par lui-même, & le produit ſera 9409, leſquels il faut multiplier par 141, à quoi ſe réduiſent les 35 pouces & un quart de longueur, alors ce dernier produit ſera 1326669, lequel étant diviſé par 3904, le quotient ſera, comme ci-devant, 339 pintes & environ trois quarts.

Conſtruction & uſage d'une nouvelle jauge.

MOnſieur Sauveur, Profeſſeur Royal & de l'Académie des Sciences, a bien voulu nous communiquer une nouvelle jauge de ſon invention, par le moyen de laquelle on trouve par la ſeule addition le contenu de toutes ſortes de tonneaux, au lieu que toutes les manieres de jauger, qui ont paru juſqu'à préſent, ne ſe peuvent exécuter que par des mutiplication & diviſions.

De la VII. Planche. Fig. 17. Pour conſtruire cette jauge, choiſiſſez une piece de bon bois ſec & ſans nœuds, comme de cormier ou poirier, longue d'environ 5 pieds en forme de parallelipipede rectangle, & de 6 ou 7 lignes d'épaiſſeur à chacune de ſes quatre faces, qui doivent être égales. La figure 17 montre à peu près le dévelopement de ces quatre faces.

Sur la premiere de ces quatre faces on marquera des nombres qui ſerviront à meſurer les diametres des tonneaux.

Les diviſions de la ſeconde face ſerviront à meſurer leurs longueurs.

Les diviſions de la troiſiéme face ſeront pour le contenu des tonneaux.

Enfin, on trouvera ſur la quatriéme face le nombre des ſeptiers & pintes qu'ils contiennent.

Ces diviſions ſe feront en la maniere qui ſuit.

Diviſez premiérement la quatriéme face de pouce en pouce, & chaque pouce en dix parties égales. Ces petites diviſions marqueront des pintes, chifrant 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c. & de 8 en 8 ce ſeront des ſeptiers, puiſqu'un ſeptier contient huit pintes. Sur un des bouts de cette quatriéme face on écrira, *pintes* & *ſeptiers*.

On diviſera les trois autres faces par le moyen des logarithmes, comme nous allons l'expliquer.

Les diviſions de la quatriéme face ſerviront d'échelle pour la troiſiéme qui lui doit être contigue.

Diviſion de la troiſiéme face pour le contenu.

POur placer un nombre ſur la troiſiéme face, comme 240, cherchez dans les logarithmes 2.40, ou le nombre qui en approche le plus, vous le trouverez vis-à-vis 251; mettez donc 240 dans la troiſiéme face vis-à-vis 251 pintes de la quatriéme face, & ainſi des autres.

J'ai

J'ai dit le nombre qui en approche le plus, car je ne trouve pas juſtement 2 40 vis-à-vis de 251, mais en ſa place je trouve 2 3996 qui en approche, puiſqu'il ne s'en manque que quatre unités, en négligeant les trois derniéres figures du nombre entier marqué dans les tables des logarithmes.

Cependant pour ne rien négliger de l'exactitude néceſſaire, en faiſant ces diviſions, j'ajoûte 1 au premier chifre; & au lieu du logarithme 240, je cherche 340, vis-à-vis duquel je trouve 2512, qui ſignifie qu'il faut placer le logarithme 240 vis-à-vis de 251, diviſion des pintes, & deux parties davantage d'une pinte, qu'on doit ſuppoſer être diviſée en dix. Sur un des bouts de la troiſiéme face on écrira *Contenu.*

Diviſion de la ſeconde face pour les longueurs.

UN vaiſſeau cylindrique ayant 3 pouces 11 lignes & 1 tiers de diametre, & autant de profondeur ou de longueur, contient une pinte, meſure de Paris; c'eſt pourquoi la premiere partie de la ſeconde face qui eſt ſans diviſion, doit être de cette longueur qu'il faut poſer dix fois & plus, ſi l'on veut, le long de ladite face, en marquant ſeulement des points occultes. Une de ces parties doit être diviſée en cent ſur une régle ſéparée qui ſervira d'échelle.

Pour placer un nombre ſur la ſeconde face comme 60, cherchez dans les logarithmes le nombre 60, qui ſe trouvera entre 39 & 40, ou plûtôt vis-à-vis de 3981, ſans avoir égard aux chifres 1, 2, 3, qui le précédent, & qui ſe nomment Lettres caractériſtiques. C'eſt pourquoi je prends 98 ou 981, en eſtimant une partie diviſée en dix ſur la petite échelle diviſée en 100, & je poſe cet intervalle après le troiſiéme point occulte qui marque trois centaines ou trois mille. Il faut ainſi marquer toutes les diviſions de cinq en cinq, & les ſubdiviſer en cinq parties égales. Enfin, ſur le bout de cette face, on écrira *Longueurs.*

Diviſion de la premiere face pour les Diametres.

LA premiere partie de cette face qui eſt ſans diviſion, repréſente le diametre d'un vaiſſeau cylindrique contenant une pinte, meſure de Paris; c'eſt pourquoi ſa longueur doit être de trois pouces onze lignes un tiers, de même que la premiere partie de la ſeconde face.

Pour le reſte, portez-y les diviſions de la ſeconde face; mais au lieu d'écrire 5, 10, 15, 20, 25, &c. écrivez-y leur double 10, 20, 30, 40, 50, &c. & ſubdiviſez les intervalles en 10, & ſur le bout de cette face écrivez *Diametres.*

USAGE.

MEſurez avec la premiere face *des diamétres* le diametre moyen du tonneau: marquez ce diametre par les nombres de la jauge, ajoûtant les ſubdiviſions par 10, qui ne ſont pas marquées; je ſuppoſe que le diametre moyen tombe ſur 153,00

Mesurez de même la longueur intérieure du vaisseau avec la seconde face *des longueurs*, je suppose qu'elle tombe sur 92 85
Ajoûtez ensemble ces deux logarithmes,

	153	00
	92	85
	245	85

Cherchez cette somme 245 85 sur la troisiéme face du contenu, vous trouverez vis-à-vis sur la quatriéme face 36 septiers ou 288 pintes de Paris.

Pour rendre cette mesure générale.

PEsez une pinte d'eau douce, mesure du pays; je suppose qu'elle pese cinquante onces, poids de marc.

Cherchez 31 onces, poids de la pinte de Paris sur la quatriéme face *des septiers*, ce nombre 31 répondra vis-à-vis de 239, 4 de la troisiéme échelle.

Cherchez de même 50 sur la quatriéme face, il répond vis-à-vis de 260 2

De	260	2	Il faut ensuite de	245	85	trouvés ci-devant,
Otez	239	4	Oter	20	80	
Restera	20	8	Restera	225	05	

Vis-à-vis de ce nombre 225 05 pris dans la troisiéme échelle du contenu, vous trouverez dans la quatriéme échelle 22 septiers 2 pintes, ou 178 pintes du pays proposé, & ainsi des autres.

Des différentes mesures du Vin.

LE poisson est la plus petite mesure dont on se sert pour mesurer le vin à Paris, il contient environ un verre de feugere d'une moyenne grandeur.

Deux poissons sont le demi-septier.

La chopine contient deux demi-septiers.

La pinte deux chopines.

Nous avons dit ci-devant ce que la pinte contient de pouces.

La quarte contient deux pintes.

Le septier, huit pintes de Paris.

Le quarteau contient neuf septiers.

Le demi-muid, dix-huit septiers; & le muid, trente-six.

La demi-queue de Champagne contient vingt-quatre septiers.

La demi-queue d'Orleans, vingt-sept septiers.

La demi-queue de Beaune, trente septiers.

Le busard d'Anjou est de trente à trente-deux septiers, & le gros busard en contient trente-six à quarante.

Le muid de Mantes contient trente-neuf à quarante septiers.

La pipe, cinquante-quatre septiers.

Et la pipe de Coignac, soixante-six à septante septiers.

Il y a encore d'autres mesures rondes ou cylindriques qui servent à mesurer les grains, le sel, les fruits & d'autres choses semblables.

Le litron, dont on se sert à Paris, contient trente-six pouces cubes, les demis & quarts à proportion.

Le boiſſeau contient ſeize litrons.

Le minot de ſel contient quatre boiſſeaux, & doit peſer cent livres.

Le minot de bled contient trois boiſſeaux.

Le ſeptier contient quatre minots ou douze boiſſeaux.

Le muid eſt de douze ſeptiers, mais celui d'avoine eſt double de celui de bled.

Le minot de charbon contient huit boiſſeaux, & la voie qui eſt un ſac, eſt de deux minots.

Le muid de plâtre contient trente-ſix ſacs, & chaque ſac deux boiſſeaux.

Toutes ces meſures doivent être raſes, & les étalons ou matrices qui ont été réglées en l'année 1669, ſe conſervent en l'Hôtel de Ville de Paris au Bureau des Meſureurs de Sel.

SECTION VII.

Des uſages de la ligne des Métaux.

USAGE PREMIER.

Etant donné le diametre d'une boule de quelqu'un des ſix métaux, trouver le diametre d'une autre boule de même poids, & duquel on voudra deſdits métaux.

PRenez le diametre donné, & le portez à l'ouverture des deux points marqués du caractere qui dénote le métal de la boule; & le compas de proportion demeurant ainſi ouvert, prenez l'ouverture des points cottés du caractere qui ſignifie le métal dont on veut faire la boule, cette ouverture ſera ſon diametre. Soit pour exemple A B, le diametre d'une boule de fer qui ſoit de même poids; portez la ligne A B à l'ouverture des points ♄ qui marquent le plomb, & prenez enſuite l'ouverture des points ♂ qui dénotent le fer, cette ouverture donne la longueur C D pour diametre de la boule de fer d'un poids égal à celle de plomb, & ainſi des autres. Fig. 18.

Si au lieu de boules on propoſe des corps ſemblables ayant pluſieurs faces, faites la même opération que deſſus pour trouver chacun des côtés homologues, les uns après les autres, afin d'avoir les longueurs, largeurs & épaiſſeurs des corps que l'on veut conſtruire.

USAGE II.

Trouver la proportion que les ſix métaux ont entre eux ſelon leur peſanteur.

ON demande, par exemple, quelle proportion auroient entre eux deux corps ſemblables de même grandeur & volume, mais de différens métaux.

Prenez ſur la ligne des métaux la diſtance du centre de la charniere juſqu'au point du caractere qui dénote le métal le moins peſant des deux propoſés, lequel point eſt toujours le plus éloigné dudit centre; portez cette diſtance ſur la ligne des ſolides, à l'ouverture du nombre que vous voudrez;

& le compas de proportion demeurant ouvert, prenez sur la ligne des métaux la distance du centre de la charniere jusqu'au point qui marque l'autre métal, & cette distance portant sur la ligne des solides, voyez si elle peut convenir à l'ouverture de quelque nombre; si elle y convient, ces deux nombres exprimeront la proportion des deux métaux proposés, en permutant les nombres.

Soit proposé, par exemple, de trouver quelle raison a le poids d'une certaine masse ou lingot d'or au poids d'un autre lingot d'argent semblable & de même volume. Comme l'argent pese moins que l'or, je prends la distance du centre de la charniere jusqu'au point cotté ☽, & je la porte à l'ouverture du cinquantiéme solide; puis je prends la distance du même centre au point marqué ☉, & je trouve qu'elle convient environ à l'ouverture du vingt-septiéme solide, & un peu plus. D'où je conclus que le poids de l'or est à celui de l'argent, comme 50 à 27, un sixiéme, ou comme 100 à 54, un tiers; c'est-à-dire, que si le lingot d'or pese 100 livres, celui d'argent pesera 54 livres & un tiers; & ainsi des autres métaux, dont la proportion est exprimée plus exactement par les nombres de livres & onces que pese un pied cube de chacun de ces métaux rapportés ci-devant, en parlant de la preuve de la ligne des métaux, & en la table ci-après. Si néanmoins on veut exprimer leur proportion par de plus petits nombres, on trouvera que si un lingot d'or est supposé peser cent marcs, un lingot de plomb de même grosseur & volume en pesera environ soixante & demi; un d'argent 54 & un tiers; un de cuivre 47 & un quart; un de fer 42 & un dixiéme; & un d'étain 39.

USAGE III.

Etant donné quelque corps que ce soit de l'un des six métaux, trouver quel poids il faut d'un des cinq autres métaux, pour faire un autre corps semblable & égal au proposé.

SOit pour exemple un reliquaire d'étain, on propose d'en faire un autre d'argent tout semblable & de même grandeur. Premiérement je pese ce reliquaire d'étain, & je trouve qu'il pese 36 livres; c'est pourquoi je prends sur la ligne des métaux la distance du centre du compas de proportion jusqu'au point marqué ☽, qui est le métal dont on veut faire le nouveau reliquaire; je porte ensuite cette distance à l'ouverture du trente-sixiéme solide, qui est le poids supposé du reliquaire d'étain; puis je prends encore sur ladite ligne des métaux la distance du centre au point marqué ♄, qui dénote le métal du reliquaire d'étain, & portant cette distance à l'ouverture de quelque solide, je trouve qu'elle convient au cinquantiéme & un peu plus: ce qui me fait connoître qu'il faut environ cinquante livres d'argent & un quart pour faire un reliquaire semblable & de même grandeur que celui d'étain proposé.

La preuve de cette opération se peut faire par le calcul, sçavoir en multipliant réciproquement ces différens poids par ceux d'un pied cube de chacun de ces métaux, comme en cet exemple, multipliant 720 livres 12 onces, qui est le poids d'un pied cube d'argent par 36 livres, qui est

le poids dudit reliquaire d'étain, & enſuite multipliant 516 livres 2 onces, qui eſt le poids d'un pied cube d'étain par 50 livres un quart, qui eſt le poids du reliquaire d'argent, les produits de ces deux multiplications doivent être à peu près égaux.

USAGE IV.

Etant donnés les diametres ou côtés de deux corps ſemblables de divers métaux, trouver en quelle raiſon ſont les poids de ces deux corps.

SOit, par exemple, la ligne droite E F le diametre d'une boule d'étain, & G H le diametre d'une boule d'argent : il faut trouver la raiſon des poids de ces deux boules. Prenez le diametre E F, & le portez à l'ouverture des points ♄, qui dénotent le métal de cette boule ; le compas de proportion demeurant ainſi ouvert, prenez l'ouverture des points ☽, qui dénotent le métal de l'autre boule ; comparez cette ouverture avec le diametre G H, afin de reconnoître ſi elle lui eſt égale, car en ce cas les deux boules ſeroient de même peſanteur. Mais ſi le diametre de la boule d'argent eſt plus petit que l'ouverture des points ☽, comme eſt ici K L, c'eſt une marque que la boule d'argent peſe moins que celle d'étain ; & pour connoître de combien, il faut comparer enſemble ſur la ligne des ſolides les diametres G H & K L ; c'eſt pourquoi portez ladite ouverture des points ☽, qui eſt ici G H, à l'ouverture de quelque ſolide, comme du 60me ; voyez enſuite à quel autre ſolide convient le diametre K L, & ſuppoſant qu'il convienne à l'ouverture du 20me ſolide, c'eſt une marque que la boule d'argent, dont le diametre eſt K L, ne peſe que le tiers de la boule d'étain, dont le diametre eſt E F. Fig. 19.

USAGE V.

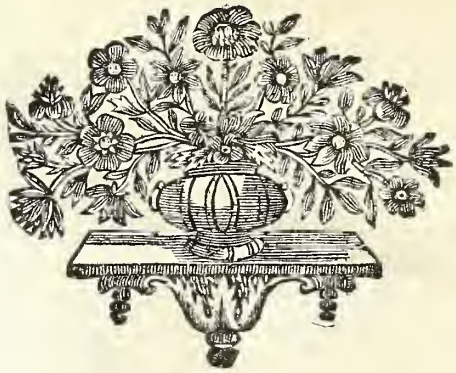
Etant donnés le poids & le diametre d'une boule ou le côté de quelqu'autre corps d'un des ſix métaux, trouver le diametre ou le côté homologue d'un autre corps ſemblable d'un des cinq autres métaux, lequel ſoit d'un poids donné.

SOit, par exemple, la ligne droite M N le diametre d'une boule de cuivre qui peſe dix livres, on demande le diametre d'une boule d'or qui peſe quinze livres. Il faut premiérement trouver par la ligne des métaux le diametre d'une boule d'or de poids égal à celle de cuivre, & puis l'augmenter par la ligne des ſolides. Portez pour cet effet le diametre M N à l'ouverture des points ♀, qui dénotent le cuivre, & prenez l'ouverture des points ☉, qui dénotent l'or, marquez le diametre de la boule d'or O P du poids de dix livres, & le portez à l'ouverture du dixiéme ſolide ; prenez enſuite l'ouverture du quinziéme, & cette derniére ouverture Q R donnera le diametre d'une boule d'or peſant quinze livres, comme on l'a demandé. Fig. 20.

Voici une Table du poids de différentes matiéres réduit au pied & au pouce cubes.

	Le poids d'un pied cube.		*Le poids d'un pouce cube.*		
Or	1326 livres	4 onces.	12 onces	2 gros	52 grains.
Vif-argent	946	10	8	6	8
Plomb	803	2	7	3	30
Argent	720	12	6	5	28
Cuivre	627	12	5	6	38
Fer	558	0	5	1	24
Etain	516	2	4	6	17
Marbre blanc	188	12	1	6	0
Pierre de taille	139	8	1	2	24
Plâtre	85	0	0	5	6
Ardoiſe	150	0	1	7	12
Tuile	127	0	1	0	18
Eau de Seine	69	12	0	5	12
Eau de Mer	70	10	0	6	0
Vin	68	6	0	5	5
Cire	66	4	0	4	65
Huile	64	0	0	4	43

Fin du ſecond Livre.



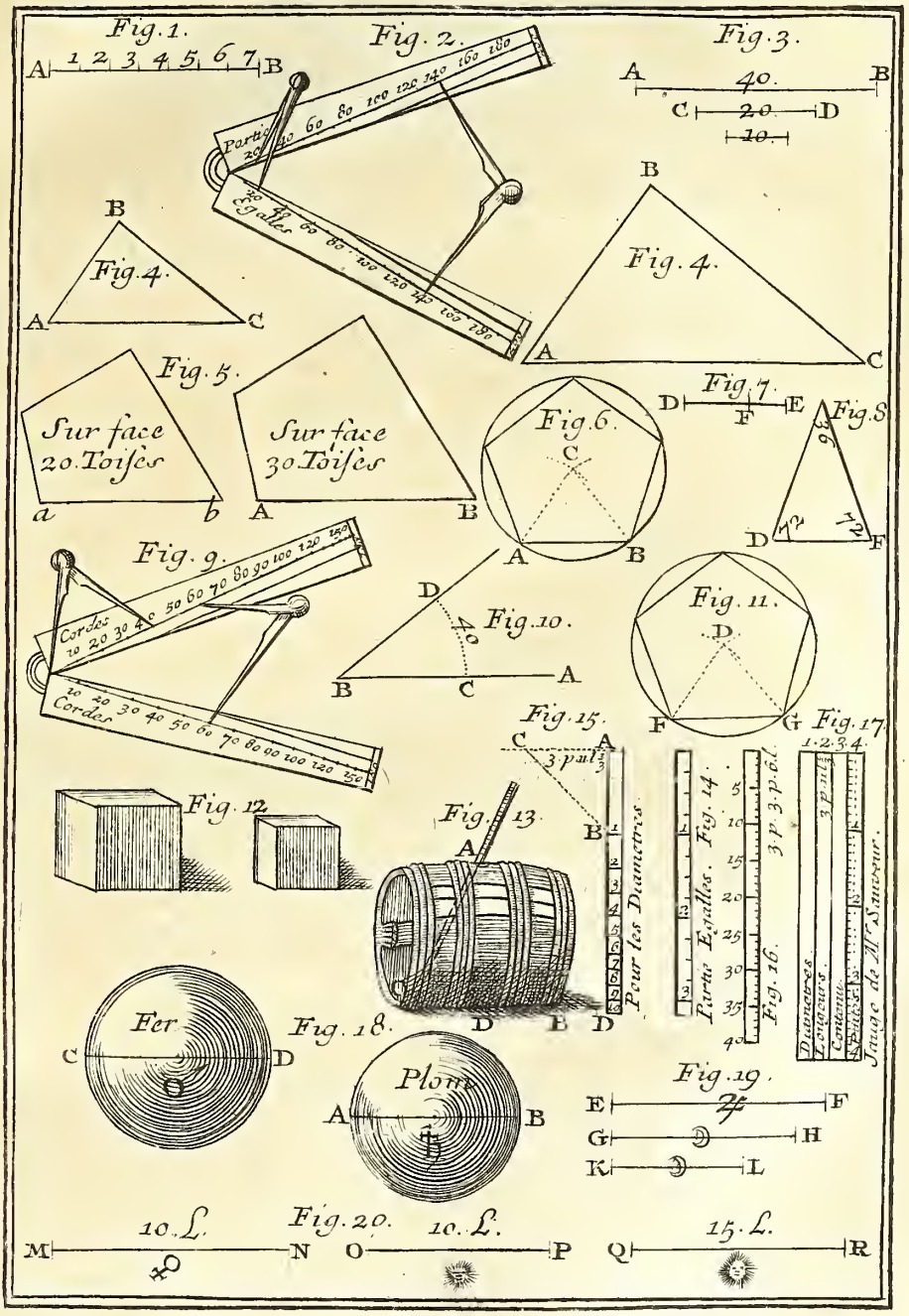


Fig. 1.
Fig. 2.
Partie
Egalles
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 4.
Fig. 5.
Sur face 20. Toises
Sur face 30. Toises
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8
Fig. 9.
Cordes
Cordes
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12
Fig. 13.
Fig. 15.
Pour les Diametres
Fig. 14.
Partie Egalles.
Fig. 16.
Fig. 17.
Diametres.
Longueurs.
Contenu.
Jauge de Mr Sauveur.
Fig. 18.
Fer
Plomb
Fig. 19.
Fig. 20.
10. L.
10. L.
15. L.

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DE PLUSIEURS COMPAS ET AUTRES INSTRUMENS CURIEUX,

Qui ſervent ordinairement au Cabinet.

LIVRE TROISIÉME.

CHAPITRE PREMIER.

De la conſtruction & des uſages de pluſieurs différens Compas.

NOUS avons déja parlé des Compas qui ſe mettent ordinairement dans les étuis de Mathématique, il nous reſte à parler de quelques autres que l'on y place auſſi quelquefois, dont les longueurs ſont arbitraires.

Conſtruction du Compas à pince.

CE Compas ſe nomme compas à pince, à cauſe d'une entaille qui eſt au milieu du corps, en ſorte qu'étant fermé, on l'ouvre facilement d'une main, en preſſant les doigts l'un contre l'autre. Nous avons dit que *Planche. VIII. Fig. A.*

la principale bonté des compas consiste en ce que leurs mouvemens soient bien doux, & qu'ils s'ouvrent & se ferment bien également ; il faut pour cela que les charnieres soient bien fendues & très-égales d'épaisseur ; on se sert pour cela d'une scie d'acier, la tête est fendue en deux fois, de maniere qu'il reste au milieu un simple de l'épaisseur d'une carte à jouer, l'autre jambe du compas est fendue par le milieu de la charniere, pour recevoir le simple qui a été reservé à la tête ; il faut ensuite limer & dresser les charnieres, en sorte qu'elles joignent bien par tout ; on perce ensuite le compas au milieu de la tête d'un trou d'une grosseur proportionnée à la grandeur du compas. Les plus petits sont ordinairement d'une ligne de diametre, & les plus gros d'environ deux lignes ; mais il faut que le clou soit bien rond & qu'il rempliſſe exactement le trou de la tête. Quand il est rivé, on fait couler un peu de cire jaune entre les charnieres, en faisant chauffer la tête du compas, cela empêche que le métal ne s'attache contre l'un ou l'autre de ses charnieres, en l'ouvrant ou le fermant ; on y met ordinairement deux rosettes tournées qui lui servent de contre-rivures & maintiennent sa tête. La petite vis qui est au bas du corps du compas, sert à avancer ou reculer la pointe d'acier tant & si peu que l'on veut : c'est ce qui fait qu'on le nomme compas de division. Cette pointe est attachée par deux clous au haut du compas, en sorte qu'elle fait ressort en tournant la vis ; l'autre pointe d'acier est soudée au feu, comme toutes les autres pointes de compas qui sont fixes. On fait pour cela ausdites pointes une entaille plate, que l'on fait entrer dans une fente faite au bas du corps du compas, en sorte qu'elles se joignent bien, afin que la soudure les fasse tenir fortement. On se sert ordinairement de soudure d'argent au tiers de cuivre, c'est-à-dire, qu'on met deux fois plus d'argent que de cuivre ; par exemple, sur un gros d'argent on met un demi-gros de laiton que l'on fond ensemble dans un creuset, & qu'on amincit ensuite au marteau de l'épaisseur d'une bonne carte, pour les couper ensuite en petits morceaux, afin de les faire couler plus facilement ; on se sert aussi assez souvent de soudure de cuivre mêlé avec du zin, on fond ensemble trois quarts de laiton avec un quart de zin qu'on jette ensuite tout fondu dans l'eau froide, afin de la rendre en petite grenaille ; il faut avoir soin de poudrer l'endroit qu'on veut souder avec du borax broyé bien fin, c'est ce qui fait couler & pénétrer la soudure aux jointures qu'on veut souder ; ce que je dis ici de la maniere de souder les pointes de compas, se doit entendre de même de toute autre piece que l'on voudra souder.

Du Compas à l'Allemande.

Fig. P. CE compas a ses branches un peu courbées, en sorte que les pointes ne se joignent que par les bouts ; il change de pointes, c'est-à-dire, qu'il y en a plusieurs qui s'ajustent dans un petit trou quarré fait à la boëte où est la vis qui sert à les retenir fermes. Il faut que ces pointes entrent bien juste dans le petit trou quarré, afin qu'elles ne vacillent point. On met quelquefois à ces sortes de compas une pointe à tire-ligne, afin de tracer des lignes grosses ou menues par le moyen de la petite vis qui approche ou écarte les pointes du tire-ligne ; on le fait à mouvement par le moyen d'une petite charniere à peu près comme la tête du compas, afin de pouvoir

pouvoir mettre ladite pointe perpendiculaire sur le papier, le compas étant peu ou beaucoup ouvert ; la petite figure marquée 3 donne une idée de cette pointe ; le porte-crayon marqué 2 est aussi mobile, afin que le crayon soit aussi à plomb dans les grandes ouvertures de compas ; la pointe à roulette marquée 1 sert à faire des lignes ponctuées ; elle a aussi un mouvement de la même maniere & pour la même raison que le tire-ligne. On met dans l'un & dans l'autre de l'encre avec une plume entre les lames, afin de ne pas s'exposer à gâter les desseins. Ce qu'on appelle *roulette* est une petite roue de cuivre ou autre métal d'environ deux à trois lignes de diamétre, autour de laquelle on fait de petites dents pointues ; elle est attachée au bout de deux petites lames de laiton par une petite goupille, de maniere qu'elle tourne librement, à peu près comme un éperon ; les pointes des dents doivent être assez proches l'une de l'autre, pour ne pas faire des points trop éloignés. Le reste de ce compas se fait de la même maniere que celui dont je viens de parler ; je dirai seulement qu'il doit être bien ajusté & limé bien plat par-tout. La beauté d'un compas consiste aussi en ce qu'il soit bien adouci & bien poli ; on se sert pour cela d'une pierre douce qu'on passe à l'eau sur tous les pans du compas ; on prend ensuite un bâton de bois doux qu'on applatit & qu'on passe bien droit sur toutes les parties du compas avec de la potée d'émeri trempée dans de l'huile ou du tripoli bien fin ; après on essuie bien tout le compas avec un linge blanc ou un morceau de chamois.

Construction du Compas à ressort.

CE compas est fait tout d'acier trempé, c'est-à-dire, dur par-tout, en sorte que la lime ne peut y mordre, & sa tête est contournée de telle maniere qu'il s'ouvre de lui-même par son ressort. La vis qui le traverse en arc sert à l'ouvrir & le fermer tant qu'on le veut par le moyen de l'écrou qui est derriere. Ces sortes de compas sont fort commodes pour prendre de petites mesures, & faire de petites divisions ; mais ils doivent être un peu courts & trempés, de maniere qu'ils fassent bien ressort, & qu'ils ne cassent pas. Fig. C.

Construction du Compas d'Horlogeur.

CE compas est nommé *Compas d'Horlogeur*, il est fort & solide ; car son usage ordinaire est de servir à couper le carton, le cuivre & autres choses semblables. Le quart de cercle qui le traverse est pour l'arrêter fixément à une ouverture, en serrant la vis qui appuie sur ledit quart de cercle qui est souvent d'acier ; l'écrou qui est à son extrémité sert à ouvrir & fermer le compas tant & si peu qu'on le veut, en tournant ledit écrou qui doit être rivé de telle maniere à la branche du compas, qu'il fasse avancer ou reculer l'autre branche ; les quatre pointes doivent être d'acier bien trempé, comme nous allons l'expliquer. Celle marquée 1 est limée en talud, à peu près comme un burin, pour couper le cuivre ; celle marquée 2 est faite en maniere de champignon pointu, pour remplir les centres de différentes grandeurs ; les deux autres pointes sont comme à Fig. D.

l'ordinaire, excepté qu'elles doivent être fortes à proportion des compas ; le reſte de la conſtruction eſt comme ci-devant.

Pour tremper les pointes de compas ou autres piéces d'acier, on doit s'y prendre de différentes manieres ; par exemple, les bouts de pointes des petits compas ſe trempent à la chandelle par le moyen d'un chalumeau de cuivre : car en ſouflant dedans, cela fait un rayon de flâme fort vif qui rougit en un inſtant les pointes qu'il faut tremper auſſi-tôt dans le ſuif de chandelle ; alors, quand les pointes ſont d'acier, elles deviennent très-dures : les pointes des gros compas & autres outils d'acier ſe trempent au feu, en les faiſant rougir d'une couleur de ceriſe. En les faiſant tremper en cet état dans l'eau, cette matiere devient fort dure. Je donnerai à la fin de cet ouvrage une deſcription des principaux outils dont on ſe ſert pour faire les inſtrumens de Mathématique, & j'expliquerai en abrégé leurs principaux uſages.

Conſtruction du Compas à trois branches.

Fig. E. CE compas ſert à prendre trois points à la fois, pour former un triangle tel qu'il peut être, & auſſi pour placer trois poſitions à la fois d'une carte que l'on veut copier, &c.

La conſtruction de ce compas eſt à peu près comme les autres, excepté que la troiſiéme branche doit avoir un mouvement en tout ſens, & cela ſe fait par le moyen du clou tourné qui ſert à river par un bout les deux branches ordinaires, & à l'autre bout il doit y avoir une roſette & une plaque ronde qui ſert de charniere à la troiſiéme branche qui ſe rive Fig. 1. comme les autres compas. La petite figure 1 marque comment ce clou eſt fait ; ce compas a ſes pointes d'acier comme les autres.

Du Compas à Cartes Marines.

Fig. F. CE compas a ſes jambes recourbées & élargies vers la tête, afin que l'on puiſſe l'ouvrir d'une ſeule main ; ce qui ſe fait en preſſant les deux branches dans la main ; ſa figure fait aſſez connoître ſa conſtruction. Nous parlerons de ſon uſage, en traitant des Inſtrumens de la Navigation.

Conſtruction du Compas de réduction ſimple.

Fig. G. ON nomme cet inſtrument compas de réduction & de diviſion, à cauſe qu'il eſt fait pour diviſer une ligne, & réduire un plan de petit au grand & de grand en petit. On en fait qui ſervent à diviſer une ligne en deux, d'autres en trois, d'autres en quatre, en cinq, &c. Il faut bien prendre garde en le conſtruiſant, que la tête ſoit percée en ligne droite avec les branches, & que le dedans des pointes d'acier n'avancent pas plus l'une que l'autre. Si, par exemple, on veut faire un compas qui ſerve à prendre la moitié d'une ligne, il faut que depuis le centre du clou juſqu'à l'extrémité des plus longues pointes, il y ait bien exactement deux fois la longueur des plus courtes, & ainſi à proportion des autres meſures. Le compas de la figure G eſt fait pour prendre le tiers d'une figure ; c'eſt pourquoi depuis le centre marqué 3 juſqu'aux deux extrémités des pointes

marquées 2, il y a trois fois la longueur depuis le même centre jusqu'aux extrémités des petites pointes marquées 3 & 4; en sorte que si l'on veut avoir le tiers de la ligne 2, 2, il faut prendre toute sa longueur avec le plus grand côté du compas, lequel restant ainsi ouvert, les plus petites branches donneront ce tiers qui sera la ligne 3, 4.

Construction du Compas de réduction à tête mobile.

CEt instrument est une autre sorte de compas de réduction ou division à tête mobile; il sert à diviser une ligne proposée en parties égales, comme aussi à diviser la circonférence de tout cercle, pour y inscrire tout polygone régulier. Fig. II.

Cette sorte de compas est composée de deux jambes égales, dont chacune est garnie de deux pointes d'acier. Ces jambes sont évidées pour y faire couler une espéce de boëte, au milieu de laquelle il y a une vis qui sert de clou pour les joindre & les serrer en divers endroits avec l'écrou; mais il faut que les branches soient évidées bien juste au milieu, ensorte que le centre du clou soit en ligne droite avec le dedans des pointes, que la boëte coule très-justement au long des branches, & que la vis à tête rempliſſe exactement le trou de la boëte, afin que rien ne vacille quand il est serré avec l'écrou.

La figure 1 présente la vis, la figure 2 marque l'écrou, la figure 3 montre la moitié de la boëte qui doit se joindre avec une pareille moitié. Fig. II. 1. 2. 3. On voit par cette petite figure qu'il y a une épaisseur au milieu pour remplir exactement le vuide des branches; ce qui est ombré des deux côtés est pour embrasser les deux côtés des branches, en sorte que cette moitié de boëte doit être juste d'épaisseur & couler au long d'une des branches; elle doit être aussi percée pour recevoir la vis, il faut ajuster une pareille moitié de boëte à l'autre branche pour joindre les deux ensemble, & on les fait tenir ferme à telle ouverture qu'on veut par le moyen de l'écrou; la figure 1 est une des branches séparées, où sont les divisions des parties égales: car sur une des jambes on marque d'un côté les chifres qui servent à diviser toute ligne donnée en parties égales, & sur l'autre jambe on marque de l'autre côté les chifres qui servent à inscrire dans un cercle proposé tout polygone régulier.

Pour faire la division des lignes en parties égales, ayez une échelle bien divisée qui soit de la même grandeur que tout le compas de réduction; où plutôt servez-vous d'un compas de proportion, parce qu'il peut servir d'échelle de plusieurs grandeurs.

Prenez avec un compas commun la longueur exacte d'une des jambes du compas de réduction & la portez sur la ligne des parties égales du compas de proportion à l'ouverture de 120, lequel restant ainsi ouvert, prenez avec le compas commun 40 des mêmes parties, que vous porterez sur une des jambes du compas de réduction depuis le bout de la plus courte pointe & y marquerez le chifre 2, qui servira pour diviser en deux parties égales toute ligne proposée. Figure II.

Le compas de proportion restant toujours de la même ouverture, prenez 30 parties égales, que vous porterez sur ladite jambe du compas de ré-

duction, pour y marquer le nombre 3, qui ſervira pour partager en trois parties égales toute ligne propoſée.

Prenez enſuite 24 parties égales, & les ayant portées ſur la jambe du compas de réduction, marquez-y le nombre 4, qui ſervira pour diviſer la ligne donnée en quatre parties égales.

Prenez de même 20 parties égales, & les ayant portées ſur la jambe du compas, marquez-y le nombre 5, pour ſervir à diviſer la ligne propoſée en cinq parties égales.

La même ouverture du compas de proportion peut ſervir encore à diviſer en 7, en 9 & en 11 parties égales; mais pour éviter les fractions, il faudra changer ladite ouverture, pour diviſer en 6, en 8, en 10 & en 12.

Avant que de changer ladite ouverture du compas de proportion, prenez avec le compas commun quinze deſdites parties égales, que vous porterez ſur la jambe du compas de réduction & y marquerez le nombre 7, pour diviſer toute ligne donnée en ſept.

Prenez enſuite 12, pour marquer ſur ladite jambe le nombre 9.

Prenez enfin 10, pour marquer ſur ladite jambe le nombre 11, qui ſervira pour diviſer en onze toute ligne donnée.

Mais pour diviſer en 6, prenez avec un compas commun la longueur exacte d'une des jambes du compas de réduction, & portez-la ſur la ligne des parties égales du compas de proportion à l'ouverture de 140; & ce compas reſtant ainſi ouvert, prenez l'ouverture de 20, portez-la ſur la jambe du compas de réduction, pour y marquer le nombre 6, qui ſervira pour diviſer toute ligne donnée en ſix parties égales.

Ayant pris de même la longueur entiere d'une des jambes du compas de réduction, portez-la ſur la ligne des parties égales du compas de proportion à l'ouverture de 180, & prenez-en vingt, & avec cette ouverture marquez ſur la jambe du compas de réduction le nombre 8, qui ſervira pour diviſer en huit toute ligne propoſée.

Portez de même toute la longueur du compas de réduction à l'ouverture de 118, dont vous prendrez 10 pour marquer ſur la jambe du compas de réduction le nombre 10, qui ſervira pour diviſer en dix toute ligne donnée.

Portez enfin la longueur du compas de réduction à l'ouverture de 120, dont vous prendrez 10 pour marquer ſur la jambe du compas de réduction le nombre 12, qui ſervira pour diviſer toute ligne donnée en douze.

L'uſage en eſt facile; car ſi, par exemple, vous voulez diviſer une ligne droite en trois parties égales, pouſſez la boëte en ſorte que le milieu de la vis ſe trouve juſtement ſur le point marqué 3; & l'ayant arrêté fixément ſur ce point, ouvrez le compas de réduction, en ſorte que les deux pointes des plus longues parties des jambes conviennent exactement à la longueur de la ligne droite propoſée; puis ayant tourné le compas, ſans changer ſon ouverture, les deux plus courtes parties deſdites jambes diviſeront en trois parties égales la ligne droite propoſée; & ainſi des autres.

Pour faire la diviſion des polygones réguliers, diviſez en deux parties égales la jambe du compas de réduction; prenez avec le compas commun ſa moitié juſte, & la portez à l'ouverture des chifres 6 de part & d'autre de la ligne des polygones du compas de proportion, lequel reſtant ainſi ouvert, prenez l'ouverture des chifres 3 pour le triangle équilatéral, &

portez-la ſur la jambe du compas de réduction, commençant par l'extrémité de ladite jambe, ſur laquelle vous marquerez le même chifre 3 ; prenez enſuite l'ouverture des chifres 4 ſur le compas de proportion pour le quarré, portez-la ſur la même jambe du compas de réduction & du même côté, pour y marquer le même nombre 4 ; prenez de même avec le compas commun l'ouverture des nombres 5 de part & d'autre ſur la ligne des polygones du compas de proportion ; & ayant porté cette longueur ſur la jambe du compas de réduction, marquez-y le même nombre 5 pour le pentagone ; faites la même choſe pour l'eptagone & pour tous les autres polygones juſqu'au dodécagone. Il ſeroit inutile d'y marquer l'exagone, puiſque le demi-diametre de tout cercle diviſe ſa circonférence en ſix parties égales.

Il eſt aiſé de remarquer que les côtés du triangle, du quarré, & du pentagone ſont plus grands que le demi-diametre du cercle dans lequel on les veut inſcrire, & que les côtés de l'eptagone, octogone & de tous les autres ſont plus petits que le demi-diametre du cercle où ils ſont inſcrits.

L'uſage en eſt facile & ſe pratique ainſi. Si, par exemple, vous ſouhaitez inſcrire un pentagone dans un cercle propoſé, pouſſez la couliſſe, en ſorte que le milieu de la vis ſoit arrêté fixément ſur le chifre 5 des polygones. Prenez avec les plus courtes jambes du compas de réduction le demi-diametre du cercle & tournez ledit compas ſans y rien changer, alors l'ouverture des plus longues jambes diviſera le cercle en cinq parties égales.

Mais ſi l'on propoſe d'inſcrire un eptagone, arrêtez la vis ſur le nombre 7, prenez avec les plus longues jambes le demi-diametre du cercle propoſé, & retournant ledit compas, l'ouverture des plus courtes jambes diviſera le cercle en ſept parties égales.

Du Compas à couliſſe.

CE compas ſe nomme compas à branche ou à couliſſe ; il eſt fait d'une branche quarrée de cuivre ou d'acier bien dreſſée, longue depuis un pied juſqu'à 3 ou 4. Il y a deux boëtes de cuivre quarrées qui embraſſent exactement ladite branche, à chacune deſquelles ſe monte à vis une pointe d'acier, que l'on peut démonter pour en mettre une autre, qui porte encre ou un crayon. Il y a une de ces boëtes qui coule au long de la branche, & qui s'arrête à l'endroit où l'on veut par le moyen de la vis qui appuie ſur un petit reſſort. L'autre boëte eſt preſque fixe à un des bouts, où il y a un écrou qui lui eſt attaché, de maniere qu'en le faiſant tourner autour de la vis, qui eſt à l'extrémité de la branche, il fait avancer ou reculer la pointe d'acier tant & ſi peu qu'on le ſouhaite. *VIII. Planche. Fig. K.*

Ces ſortes de compas ſervent à prendre de grandes longueurs, comme auſſi à tracer bien juſte de grandes circonférences, & à les diviſer bien exactement.

Conſtruction du Compas à tracer les ellipſes ou ovales.

CEt inſtrument eſt fait pour tracer des ovales ou ellipſes de différentes eſpéces ; il eſt compoſé d'une branche de cuivre quarrée bien droite & bien égale d'environ un pied de longueur, ſur laquelle ſont Fig. L.

ajuſtées trois boëtes, pour couler au long de ladite branche. A l'une de ces boëtes ſe monte à vis une pointe d'acier ordinaire, ou bien une pour tracer à l'encre & quelquefois un porte-crayon. On joint aux deux autres boëtes deux couliſſes à queue d'aronde ou en talud, comme la petite figure 1 le montre. Ces couliſſes s'ajuſtent au long des branches de la croix, ſur laquelle ſont attachées de petites régles à bizeaux ou en talud par-deſſous, de même que la couliſſe à queue d'aronde. Leſdites couliſſes qui ſont attachées par un clou rond & qui tournent en tout ſens ſous les boëtes quarrées, font qu'en tournant le compas à verge, elles avancent ou reculent au long de la croix; mais il faut faire paſſer pour cela une des couliſſes dans une branche de la croix, & l'autre dans l'autre branche, comme on le voit par la figure.

Il faut remarquer que la diſtance qu'il y a entre les deux couliſſes, eſt la diſtance des deux foyers de l'ellipſe; car en changeant cette diſtance, elle eſt plus ou moins enflée. Aux extrémités des branches de la croix, & par-deſſous il y a quatre petites pointes d'acier, pour la faire tenir ferme ſur le papier, & au milieu de ladite croix il y a un petit quarré entaillé juſqu'aux bizeaux, pour faire paſſer les couliſſes d'une branche à l'autre pendant le mouvement du compas. L'uſage de cette machine eſt fort facile, parce qu'en faiſant faire un tour au compas à verge, la pointe à encre ou au crayon trace l'ovale ou l'ellipſe telle qu'on la ſouhaite. Sa figure fait aſſez connoître ſa conſtruction & ſon uſage.

Du Compas d'épaiſſeur & à répéter les groſſeurs.

CEtte figure repréſente un compas d'épaiſſeur & de répétition. Il ſert à faire connoître l'épaiſſeur de ce qui eſt engagé ſous des rebords, comme ſeroit les rebords d'un canon, d'un tuyau & autres choſes ſemblaFig. M. bles; ce que l'on ne pourroit pas faire ſi le compas n'avoit que deux pointes; il eſt compoſé de deux piéces de laiton ou autre matiere, auſquelles il y a deux pointes enflées & deux autres plates un peu recourbées par les bouts. Pour s'en ſervir, on fait entrer une des pointes plates dans le canon & l'autre par dehors, leſquelles étant ſerrées, les autres pointes oppoſées marquent l'épaiſſeur.

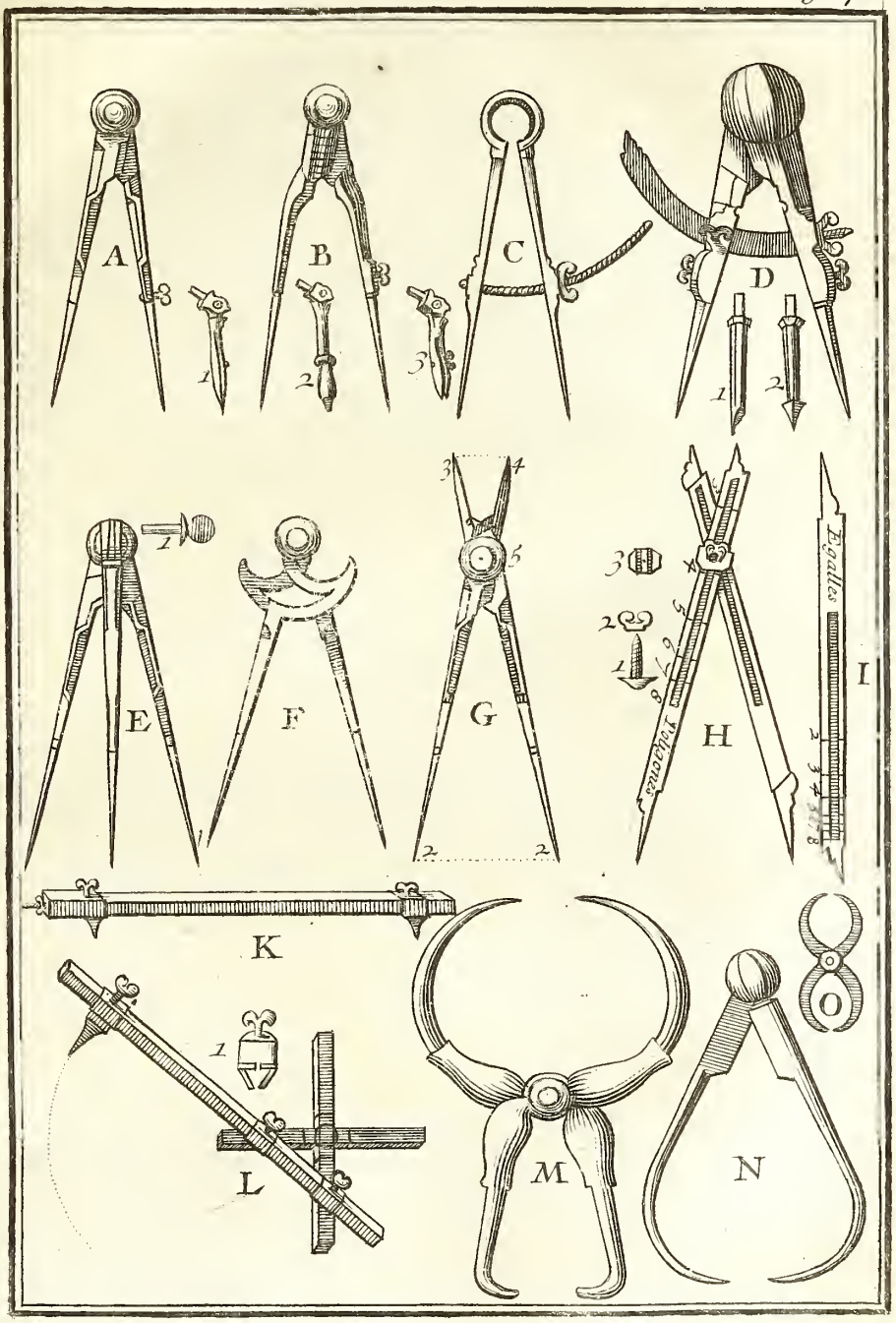
Il faut prendre garde en le conſtruiſant, que la tête ſoit bien percée dans le centre, c'eſt-à-dire, qu'en tirant une ligne d'une pointe à l'autre oppoſée, elle paſſe préciſément par le centre, lequel la doit diviſer également, & que le compas étant fermé, toutes les pointes ſe joignent; on y met ordinairement de petites pointes d'acier aux extrémités.

Du Compas ſphérique.

Fig. N. LE compas ſphérique ou d'épaiſſeur ne différe en rien pour ſa conſtruction des compas ordinaires, excepté que ſes jambes ſont recoubées pour prendre la groſſeur ou diametre des corps ronds, comme boulets, Globes ou Spheres, &c.

Fig. O. Enfin le compas marqué O eſt encore un compas d'épaiſſeur à répétition, dont les branches doivent être toutes égales en tout ſens. Sa figure fait aſſez connoître ſa conſtruction & ſon uſage.

Planche huietième



CHAPITRE II.

De la conſtruction & des uſages de pluſieurs Inſtrumens de Mathématique, qui peuvent ſervir dans le Cabinet.

Du Porte-Crayon à Compas.

CEt Inſtrument nommé Porte-crayon à compas eſt limé à huit pans en dehors; on les fait ordinairement de quatre, cinq & ſix pouces de long; le dedans doit être parfaitement rond, afin d'y placer & faire couler un porte-crayon par le moyen de ſon reſſort & de ſon bouton, dont nous parlerons ci-après; à un des bouts ſe monte à vis un compas; la figure B montre la maniere dont il eſt fait; ſa conſtruction ne différe en rien de celle des autres compas, ſi ce n'eſt qu'il eſt rond, & qu'il y a une vis au-deſſous de ſa tête, pour le monter dans le porte-crayon. Ladite vis ſe fait par le moyen d'une filiere double, puis on la repaſſe enſuite dans une filiere ſimple, afin de ne pas forcer les charnieres des compas en les taraudant, car c'eſt à quoi l'on doit bien prendre garde. *IX. Planche. Fig. A.*

On trace ordinairement ſur les pans de ce porte-crayon les lignes qui ſe mettent ſur le compas de proportion. On les prend ſur une régle d'égale longueur, que l'on a diviſée ſuivant les méthodes expliquées pour le compas de proportion & que l'on tranſporte ſur chacun des pans. L'uſage en eſt à peu près le même, ſinon qu'il ſe faut toujours ſervir de la même grandeur; car ſi, par exemple, il s'agit de tracer un angle de 40 dégrés ſur une ligne donnée, on prend avec le compas commun l'étendue depuis le premier point de diviſion de la ligne des cordes juſqu'au point marqué 60; de cette ouverture on fait un arc ſur la ligne donnée, & enſuite on prend avec le même compas la diſtance du premier point de diviſion juſqu'au point 40, laquelle on tranſporte ſur l'arc tracé, & de ſon centre on tire une ligne qui fera avec la donnée un angle de 40 dégrés, & ainſi des autres lignes.

On fait auſſi de ces ſortes de porte-crayon à compas qui ſont ronds, & ſur leſquels on marque les pouces, dont on en diviſe un en douze lignes.

Conſtruction du Porte-crayon à couliſſe.

CE porte-crayon eſt rond en dedans & tourné en dehors; on le fait auſſi quelquefois à pans, & on y marque les pouces & lignes par des traits fins qui ſe font par le moyen du tour. On prend une lame de laiton ou d'autre matiere de la longueur & largeur qu'on veut faire le porte-crayon, puis on la contourne autour d'un arbre ou verge de fil d'acier bien rond, bien droit & bien égal de groſſeur par tout. On ſoude enſuite la jointure de ladite lame, qu'on nomme la charniere ou corps du porte-crayon, qu'il faut tirer & faire paſſer dans une filiere à trou rond par le moyen d'un banc; on tire ladite charniere juſqu'à ce qu'elle preſſe l'arbre d'acier partout également, afin que le dedans ſoit bien rond & égal, puis *Fig. C.*

après l'avoir tourné comme la figure le montre, on le fend juſqu'à environ demi-pouce des bouts, & on le perce aux extrémités de la fente & au milieu d'un petit trou rond, pour y recevoir le bouton. La figure D eſt le dedans du porte-crayon; aux deux extrémités on y place les crayons qui ſont ſerrés avec de petits anneaux; le milieu doit être de la groſſeur juſte du dedans du corps marqué C, afin qu'il puiſſe y couler facilement. On entaille ladite piece, pour y placer un petit reſſort d'acier ou de cuivre bien endurci au marteau. Le milieu dudit reſſort marqué 1 eſt percé à vis pour recevoir le petit bouton marqué E; on le fait d'acier avec une vis par le bout. Au-deſſus de la vis il y a un petit colet rond de la groſſeur des trous qui ſont au corps C; & au-deſſus du colet on fait une entaille de chaque côté dudit bouton, pour y faire un tenon de l'épaiſſeur de la fente dudit corps. Le haut doit être limé ou tourné en rond. Enfin, pour monter ledit porte-crayon, il faut faire entrer le dedans, en ſorte que le trou du reſſort ſoit vis-à-vis un des trous du corps; enſuite on monte à vis le petit bouton juſqu'à ce qu'il ſoit appuyé ſur le colet rond, de telle ſorte que le tenon ſoit au long de la fente; alors en preſſant ſur ledit bouton, on fait couler le dedans du porte-crayon d'un côté & d'autre. La figure fait aſſez connoître ce que nous venons d'expliquer.

Conſtruction de la Plume ſans fin.

Fig. F. CEt Inſtrument eſt compoſé de différentes pieces de cuivre, d'argent ou d'autre matiere; les pieces F G H étant jointes enſemble ſont environ 5 pouces de long. Sa groſſeur eſt à peu près de 3 lignes de diamétre. Le milieu marqué F porte la plume, qui doit être fendue & bien taillée & ajuſtée ſur un petit tuyau taraudé à vis en dedans, lequel eſt ſoudé à un autre petit tuyau de la groſſeur juſte du dedans du couvercle G, dans lequel eſt ſoudée une vis, qui ſert à monter ledit couvercle & en entrant dans la plume à boucher un petit trou, qui eſt à l'endroit marqué 1, pour empêcher que l'encre ne ſorte. A l'autre bout du corps F il y a un petit tuyau taraudé à vis en dedans & en dehors. Celle de dehors ſert à monter le couvercle marqué H, dans lequel entre un petit porte-crayon qui ſe monte à vis au-dedans du petit tuyau, dont nous venons de parler, & qui ſert à boucher l'ouverture du colet, qui eſt l'endroit par où l'on fait entrer l'encre dans le corps F, par le moyen d'un petit entonnoir.

Pour ſe ſervir de ladite plume, il faut démonter le couvercle G & un peu ſecouer la plume, après quoi l'encre ſort doucement à meſure qu'on écrit. Il faut remarquer que l'autre côté du porte-crayon doit être bouché, car autrement la colonne d'air peſeroit ſur l'encre & la feroit ſortir toute à la fois. Aux deux bouts ſont ſoudés deux cachets, pour y graver un chifre & des armes. La conſtruction de cette machine eſt à peu près comme le porte-crayon dont je viens de parler.

Conſtruction d'une Pince à tenir le papier.

Fig. I. CEtte petite machine ſert à tenir pluſieurs papiers enſemble; elle eſt fort commode quand on veut calquer quelque deſſein; on en met aux quatre coins du papier. Elle eſt faite de deux lames de cuivre bien battues

battues au marteau, pour les rendre plus dures ; elles ſont attachées par le haut & renforcées par une lame de laiton qui fait faire reſſort. Il y a un coulant au milieu qui ſert à preſſer les papiers, en faiſant approcher les deux bouts qui ſont élargis pour mieux tenir ce qui eſt entre deux. Toute cette piéce a environ deux pouces de longueur. La figure fait aſſez connoître ſa conſtruction & ſon uſage.

Conſtruction du Pentographe.

L'Inſtrument, dont nous allons parler, eſt nommé pentographe ; on le nomme auſſi ſinge, parce qu'il ſert à copier toutes ſortes de deſſeins. Il eſt compoſé de quatre régles de cuivre ou de bois dur, très-égales en largeur & en épaiſſeur ; il y en a deux qui ont 15 à 18 pouces de longueur, & deux autres qui n'en ont que la moitié ; ces régles ont d'ordinaire 2 à 3 lignes d'épaiſſeur, & 5 à 6 lignes de largeur. Fig. K.

La juſteſſe de cet inſtrument conſiſte en ce que les trous qui ſont aux extrémités & au milieu des grandes régles ſoient très-juſtes & en égale diſtance des trous qui ſont aux extrémités des petites, afin qu'étant montées, elles faſſent toujours un parallélogramme parfait. Il y a ſix petites piéces de cuivre, pour monter & mettre en pratique cet inſtrument.

La piéce marquée 1 eſt un petit baluſtre de cuivre tourné, au bout duquel il y a une vis garnie de ſon écrou, qui ſert à joindre & à ſerrer les deux grandes régles enſemble. A l'autre bout il y a une petite pomme qui ſert à faire couler l'inſtrument ſur la table de côté & d'autre, ſuivant les différens mouvemens qu'on lui donne. La piéce marquée 2 eſt un clou à tête tourné avec la vis & ſon écrou ; il en faut deux pareilles pour joindre les petites régles au milieu des grandes aux endroits marqués 2. La piéce marquée 3 eſt une vis en bois qui eſt au-deſſous d'un petit baluſtre avec la vis & ſon écrou, pour joindre enſemble les deux petites régles à l'endroit marqué 3. La piéce marquée 4 eſt un porte-crayon ou une plume qui entre dans le baluſtre avec la vis & ſon écrou pour le tenir ferme au bout de la grande régle à l'endroit marqué 4. Enfin la piéce marquée 5 eſt une pointe de cuivre un peu mouſſe, qui eſt jointe au baluſtre garni de ſa vis & de ſon écrou, pour le placer au bout de l'autre grande régle à l'endroit marqué 5 ; toutes ces piéces ont environ trois pouces de hauteur. L'inſtrument étant monté & diſpoſé comme la figure le marque, il ne s'agit plus que d'en donner l'uſage.

Lorſqu'on veut copier un deſſein de la même grandeur que l'original, il faut diſpoſer l'inſtrument comme il paroît dans la figure K, c'eſt-à-dire, qu'il faut faire entrer la vis en bois dans la table à l'endroit marqué 3, puis mettre le papier blanc ſous le crayon marqué 4, & le deſſein ſous la pointe marquée 5 : alors il n'y a qu'à conduire ladite pointe ſur tous les traits du deſſein, & en même tems le crayon tracera la même figure ſur le papier blanc. Mais ſi on vouloit réduire le deſſein & le faire plus petit de moitié que l'original, il faudroit placer la vis en bois à un des bouts d'une grande régle, le papier blanc & le crayon au milieu, & conduire toujours la pointe ſur tous les traits du deſſein, alors le crayon exécutera la même choſe ; mais les lignes ſeront plus petites de moitié que celles de l'original, dont voici la raiſon : c'eſt que le crayon placé comme nous venons de dire,

fait la moitié moins de chemin que la pointe : & par une raiſon contraire ; ſi l'on veut faire le deſſein plus grand, par exemple, double de l'original, il faut placer la pointe & le deſſein au milieu à l'endroit marqué 3, le crayon ou la plume avec le papier blanc au bout d'une des grandes régles, & la vis en bois attachée au bout de l'autre grande régle, & de cette maniere on tracera le deſſein double de l'original, ſoit plan, ſoit figure ou tel autre deſſein qu'on voudra.

Pour augmenter ou diminuer le deſſein ſelon d'autres proportions, on perce pluſieurs trous ſur chaque régle en diſtances égales, ſçavoir ſur les petites régles tout le long, & juſqu'à la moitié des grandes, afin d'y placer la pointe, le crayon & la vis toujours en ligne droite ; c'eſt-à-dire, que ſi l'on remonte la pointe de trois trous, il faut remonter pareillement de trois trous les deux autres piéces ; mais en ce cas il faut placer à l'extrémité des petites régles une vis à tête pareille à celle marquée 2, de maniere que l'inſtrument conſerve toujours le parallélogramme.

Il eſt à remarquer que ſi l'on place la pointe & le deſſein à quelqu'un des trous d'une grande régle, & le crayon avec le papier blanc ſous un des trous de la petite régle qui fait l'angle & ſe joint au milieu de la même grande régle, pour lors la copie ſera plus petite que la moitié de l'original ; mais ſi le crayon & le papier ſont placés ſous un des trous de la petite régle qui eſt parallele à la grande, alors la copie ſera plus grande que la moitié de l'original. Au reſte, il ſera facile de connoître toutes ces différentes proportions par l'expérience.

Conſtruction du carat, pour connoître le poids des Perles.

IX. Planche Fig. M. CEtte petite machine ſe nomme carat, elle ſert à connoître le poids des perles fines & bien rondes ; elle eſt compoſée de cinq petites lames de laiton ou autre métal, minces & de deux pouces de longueur ſur ſix à ſept lignes de largeur. Ces lames ſont percées de pluſieurs trous ronds de différens diamétres. Les trous de la premiére lame font connoître le poids des perles depuis un demi-grain juſqu'à ſept grains ; la ſeconde lame marque depuis huit grains, qui ſont deux carats, juſqu'à cinq ; la troiſiéme marque les carats depuis deux & demi juſqu'à cinq & demi ; la quatriéme ſert depuis ſix carats juſqu'à huit ; & la cinquiéme marque le poids des perles depuis ſix carats & demi juſqu'à huit & demi.

Nous allons donner le diamétre du plus petit trou & du plus grand de chaque lame, les autres ſe pouvant trouver par leurs différentes proportions ; leurs diamétres ſont fondés ſur l'expérience de pluſieurs perles qu'on a peſées avec des petites balances bien fines.

Le petit trou qui fait connoître le poids d'une perle d'un grain, a une ligne & un quart de ligne de diamétre, celui de ſept grains a deux lignes & un tiers de ligne ; celui qui marque le poids de deux carats, a deux lignes & demie ; celui qui marque 5 carats, a 4 lignes ; celui qui marque le poids de 2 carats & demi, a 2 lignes 3 quarts ; & celui de 5 carats & demi, a 4 lignes & 1 quart ; celui qui donne le poids de 6 carats, a 4 lignes 1 tiers ; celui de 8 carats a 4 lignes & demie ; enfin celui qui donne le poids de 8 carats & demi, a 4 lignes 3 quarts.

Ces lames ſont attachées enſemble par un de leurs bouts avec un clou

qui leur laiſſe la liberté d'être mûes en tous ſens. Elles ſe renferment entre deux autres lames de laiton, qui leur ſervent comme d'étui. La figure fait aſſez connoître le reſte de ſa conſtruction.

Les Jouailliers ſe ſervent encore de petites balances bien fines & de petits poids qu'ils nomment carats, pour peſer les diamans & autres pierres précieuſes, comme auſſi les perles qui ne ſont pas rondes. Le carat peſe quatre grains, il ſe diviſe en demi, tiers, quart, huitiéme & ſeiziéme de carat. On ſe ſert auſſi du mot de *carat* pour marquer le titre de l'or. Le carat d'or fin eſt la 24me partie d'une once de pur or, lequel eſt ſi mol, qu'on ne peut le metre en œuvre. L'or à 22 carats eſt le titre des Orfévres de Paris; c'eſt-à-dire, qu'il y a 22 parties d'or fin & 2 parties de cuivre, afin que par cet alliage l'or ſoit plus ferme & ſe puiſſe mieux travailler.

Les Orfévres ſe ſervent du mot de denier pour ſpécifier le titre & la bonté de l'argent; le marc d'argent fin eſt à douze deniers; l'argent au titre de Paris eſt à onze deniers douze grains, en comprenant les deux grains de remede qu'on accorde pour faire recevoir l'argent, comme s'il étoit au titre, étant très-difficile de faire l'alliage bien juſte, à cauſe des différens dégrés du feu.

Conſtruction de l'Equerre fixe.

CEt inſtrument eſt nommé Equerre fixe, c'eſt-à-dire, qui ne ſe plie point. Toute ſa juſteſſe conſiſte en ce qu'elle ſoit bien dreſſée, & qu'elle faſſe angle droit en dedans & en dehors, & pour cet effet il faut que l'intérieur de chaque branche ſoit parallele à l'extérieur, quand l'inſtrument eſt juſte en dehors. Fig. L.

De l'Equerre pliante.

CEtte Equerre ſe plie dans l'angle par le moyen d'un clou rond ajuſté dans une branche qui fait mouvoir une piéce mince de laiton qui ſert comme de charniere, & où eſt attachée l'autre branche avec quatre petits clous, laquelle étant ouverte à angles droits, s'appuie par un de ſes bouts ſur l'épaiſſeur de la plus grande branche & forme l'Equerre. On marque ordinairement les pouces & les lignes ſur ces ſortes d'Equerres. Leur principal uſage eſt pour tracer des lignes perpendiculaires, & connoître ſi une choſe eſt bien à angle droit. Fig. N.

Conſtruction du Pied à Niveau.

CEt Inſtrument, qui ſe nomme pied à niveau, eſt compoſé de deux branches de cuivre ou autre matiére d'environ ſix lignes de largeur, deſquelles branches l'une tourne autour de la tête de l'autre & eſt attachée par un clou rond dans ſon centre. Elles ſont fendues tout le long en dedans juſqu'à la moitié de leur largeur, pour y placer une languette ou petite lame de laiton, quand l'Inſtrument eſt fermé. Cette languette eſt attachée à une deſd. branches par un petit clou, pour la faire mouvoir, & quand elle eſt placée dans l'autre branche, où il y a une petite goupille qui la retient, le pied demeure ouvert à angle droit, tel que la figure le montre. On ajuſte à la Fig. O.

tête une petite plaque de laiton quarrée, afin que l'instrument serve d'équerre, on perce un petit trou au bas de l'angle de la petite plaque, pour y passer une soye fine avec son plomb, laquelle tombant sur une ligne perpendiculaire tracée au milieu de la languette sert de niveau. On coupe les angles intérieurs des branches, afin que l'instrument se puisse mieux appuyer sur le plan que l'on veut niveler.

Nous ne nous arrêterons pas davantage à sa construction, la figure la faisant assez connoître : Nous dirons seulement qu'il sert d'équerre & de niveau de la maniere dont il est placé, de pied de roi & de régle, quand il est ouvert tout-à-fait.

Du Pied de Roi & des différentes mesures.

Fig. P. LA construction du pied de roi pour le corps ne différe guére de celle du compas de proportion dont nous avons ci-devant parlé. Quand on n'y veut marquer simplement que le pied de Paris, chaque branche n'a environ que cinq lignes de largeur ; mais quand on y veut mettre les mesures étrangeres, on les fait plus larges. Nous allons donner le rapport du pied de Paris avec les principales mesures étrangeres de l'Europe.

Le point est la douziéme partie de l'épaisseur d'un moyen grain d'orge : la ligne est longue de 12 points ou de l'épaisseur d'un grain d'orge ; le pouce contient 12 lignes, & le pied 12 pouces.

Le pied de roi ou de Paris est de 12 pouces, de ceux dont on vient de parler ; mais on le divise quelquefois en 720, ou en 1440 parties égales, pour mieux exprimer son rapport avec les mesures étrangeres.

Le pied de Lion & de Grenoble contient 12 pouces 7 lignes.
Le pied de Dijon ne contient que 11 pouces 7 lignes.
Celui de Besançon, 11 pouces 5 lignes.
Celui de Mâcon, 12 pouces 4 lignes.
Le pied de Roüen est égal à celui de Paris.
Le pied de Sedan a 12 pouces 3 lignes.
Le pied de Lorraine a 10 pouces 9 lignes.
Celui de Bruxelles a pareillement 10 pouces 9 lignes.
Le pied d'Amstaerdam, 10 pouces 5 lignes.
Le pied du Rhin, qui est fort en usage dans les Pays du Nord, a 11 pouces 7 lignes.
Celui de Londres, 11 pouces 3 lignes.
Celui de Dantzic, 10 pouces 7 lignes.
Celui de Suede, 12 pouces 1 ligne.
Celui de Danemarck, 10 pouces 9 lignes.
Le pied Romain, 10 pouces 10 lignes.
Le pied de Boulogne, 14 pouces 1 ligne.
Celui de Venise, 11 pouces 11 lignes.
Celui de Milan est de deux sortes, le grand a 1 pied 10 pouces, & le petit 1 pied 2 pouces 8 lignes.
Celui de Turin a 18 pouces 11 lignes.
Celui de Savoye n'a que 10 pouces.
Celui de Genéve, 18 pouces.
Celui de Vienne a 11 pouces 8 lignes.
Celui de Constantinople contient 2 pieds 2 pouces 2 lignes.

M. Huyghens dans ſon Livre de l'horloge à pendule nous a donné l'idée d'un pied nouveau qu'il appelle *pied horaire* & qu'on pourroit nommer *pied univerſel*, parce que ſa meſure étant certaine & invariable, tous les autres deviendroient également invariables & certains, dès qu'on connoîtroit leur raport avec ce pied horaire, qui n'eſt autre que le tiers de la longueur d'un pendule d'une horloge qui marque les ſecondes à chaque vibration, & dont le rapport, par exemple, au pied de Paris, eſt de 881 à 864: ce qui rend le pied de Paris immortel en quelque ſorte & immuable pour la poſterité. Suivant ce même raport, il eſt aiſé de voir que ce pied horaire doit être à très peu de choſe près de 12 pouces & de 2 lignes trois quarts enſus de celui de Paris, & la longueur entiere du pendule d'une horloge à ſecondes de 3 pieds 8 lignes trois 5mes, pour battre les ſecondes de mouvement du tems moyen.

Nous allons encore donner quelques autres meſures par rapport au pied.

LA palme Romaine a 8 pouces 2 lignes; celle de Genes a 9 pouces 1 ligne; celle de Naples a 9 pouces 9 lignes, & celle de Portugal 8 pouces 2 lignes. Le pan qui ſert de meſure en pluſieurs autres Villes d'Italie, contient 8 à 9 pouces de longueur.

L'aune de Paris eſt de 3 pieds 8 pouces. L'aune de Provence, de Montpellier & d'Avignon contient une aune & 2 tiers enſus de celle de Paris. L'aune de Flandre & d'Allemagne ne contient que 7 douziémes de celle de Paris. Il y a pluſieurs livres qui ne donnent à l'aune de Paris que 3 pieds 7 pouces 8 lignes; mais ils ſe trompent: ſa véritable meſure établie dans toutes les Juriſdictions eſt de 3 pieds 8 pouces; il eſt bien vrai que ſuivant un ancien uſage l'aune des Drapiers n'eſt que de 3 pieds 7 pouces 9 lignes, mais c'eſt pour meſurer les draps ſeulement, & non autre choſe.

La braſſe de Milan pour les étoſes de ſoye eſt d'un pied 7 pouces 4 lignes & demie; celle pour les draps & autres étoſes de laine eſt de 2 pieds 11 lignes & demie.

La braſſe de Florence eſt d'un pied 9 pouces 6 lignes.
Le ras de Piémont & de Luque eſt de 22 pouces.
La verge de Seville eſt de 30 pouces 11 lignes.
La verge d'Angleterre eſt de 33 pouces 11 lignes.
La barre de Caſtille eſt de 31 pouces 3 lignes.
Celle de Valence eſt de 33 pouces 7 lignes.
La varre de Madrid & celle de Portugal ſont de 3 pieds 9 lignes.
La varre d'Eſpagne en général eſt de 5 pieds 5 pouces 6 lignes.
La canne de Toulouſe eſt de même longueur.
La canne de Rome contient 6 pieds 11 pouces 7 lignes.
La canne de Naples, 6 pieds 10 pouces 2 lignes.
Le pic de Conſtantinople, 2 pieds 2 pouces 2 lignes.
La geuſe des Indes & celle de Perſe, 2 pieds 10 pouces 11 lignes.

Conſtruction des régles paralleles.

CEs inſtrumens ſe font ordinairement de cuivre ou de bois dur, comme ébene & bois de la Chine, depuis 6 pouces juſqu'à 10 de long ſur un pouce de large, & environ 2 lignes d'épaiſſeur. Il faut ſur tout que leſdites

régles ſoient bien dreſſées en tout ſens & bien paralleles, c'eſt-à-dire, très-également larges depuis un bout juſqu'à l'autre ; car c'eſt en partie d'où dépend la juſteſſe de cet inſtrument.

Nous allons donner la deſcription de deux ſortes d'inſtrumens à régles paralleles également juſtes.

Fig. R. LEs deux régles du premier de ces deux Inſtrumens ſont jointes enſemble par deux petites lames de laiton d'environ 2 à 3 pouces & demi de long & de ſix lignes de largeur, limées & façonnées à peu près comme la figure le marque ; elles ſont percées par les deux bouts bien également, & pour cet effet il eſt à propos de les percer l'une ſur l'autre ; il faut tourner quatre clous à tête qui rempliſſent exactement les trous deſdites lames ; puis on trace une ligne au milieu de la largeur des régles, & on les partage en deux également ; enſuite on diviſe une des moitiés de chaque régle en trois ; & à la premiere meſure, en comptant du milieu, on perce un trou à chaque régle dans la ligne droite qui partage leur largeur, pour y placer une lame avec ſon clou. Enſuite les régles étant bien jointes enſemble, il faut tracer avec la pointe d'une éguille un trait autour des petites lames, toujours ſur la ligne du milieu & percer exactement les trous au milieu de ces traits ; mais pour bien faire il n'en faut percer qu'un & y mettre ſon clou, pour voir ſi le trait de l'autre régle eſt toujours vis-à-vis du trou de la lame. Or c'eſt ce quatriéme trou qui donnera toute la préciſion à l'inſtrument ; car l'ayant percé & ayant mis le clou, on pourra vérifier s'il eſt bien juſte en l'ouvrant à droit & à gauche ; & ſi les régles ſont bien percées, elles ſe joindront auſſi-bien d'un côté que de l'autre. Il faut avoir ſoin de river les clous doucement, afin de ne rien forcer ni étendre.

Conſtruction d'une autre ſorte d'inſtrument à régles paralleles.

Fig. Q. LEs régles qui compoſent cet Inſtrument doivent être pareillement droites & égales d'épaiſſeur ; les deux grandes ſont attachées par deux autres un peu plus courtes, percées juſte de même longueur par les deux bouts & par le milieu & ajuſtées de maniére qu'elles font une eſpéce de zig-zag, qui en s'écartant & ſe rapprochant font auſſi écarter & rapprocher les autres régles parallelement, & ce par le moyen des trous qui ſont percés à un des bouts de chaque régle & attachés aux régles à zig-zag avec des clous à tête tournés. Les autres bouts des grandes régles ſont fendus à biſeaux par-deſſous environ au quart de leur longueur, pour faire couler les bouts des petites régles par le moyen des clous à chanfrain qui rempliſſent les biſeaux & que l'on rive auſſi pardeſſous. Enfin l'on met un bouton tourné de cuivre au milieu de chaque régle de ces deux inſtrumens pour les manier plus aiſément, le tout comme il eſt aiſé de le voir par leurs figures.

Leur principal uſage eſt pour tracer des lignes paralleles, en les ouvrant ou les fermant. Elles ſont fort commodes pour les deſſeins d'Architecture & de Fortification, où il y a beaucoup de lignes paralleles à tracer l'une contre l'autre.

Conſtruction du Pédométre.

CEt Inſtrument, qui ſe nomme pédométre ou compte-pas, a toutes ſes piéces réunies enſemble dans une boëte à peu près ſemblable à celle d'une montre ; ſa grandeur eſt environ de 2 pouces de diamétre & de 6 à 8 lignes d'épaiſſeur. Nous allons donner la conſtruction de toutes ſes piéces en particulier. Fig. S.

La plaque marquée T ſe place dans le fond de la boëte. Sur cette plaque ſont attachées pluſieurs piéces, comme on les voit diſpoſées en la figure. La piéce marquée 1 eſt un petit pied-de-biche d'acier avec ſes deux reſſorts ; il eſt retenu par un tenon rond qui entre dans un trou, de maniere qu'en tirant la petite lame qui déborde ladite plaque, & qui eſt attachée par un bout au pied-de-biche, on lui fait faire un mouvement de baſcule qui fait tourner une étoile d'acier à 6 pointes : cette étoile eſt marquée 2 & porte un pignon de 6 dents auſſi d'acier de la même hauteur des 2 roues dont nous allons parler. Le reſſort d'acier marqué 4, eſt fait pour empêcher que l'étoile ne recule, & celui marqué 5, eſt pour faire relever le bout du pied-de-biche, quand il a fait avancer l'étoile d'une pointe.

La plaque marquée V eſt la même que celle marquée T, ſi ce n'eſt qu'elle eſt recouverte de deux roues d'une même grandeur & placées l'une ſur l'autre ; celle de deſſous a 101 dents, & celle de deſſus n'en a que 100 ; elles ſont toutes deux engrenées par le pignon qui eſt ſur l'étoile ; en ſorte que par une eſpéce de déclic ou de détente qui fait tourner l'étoile & ſon pignon, quand la premiere roue a fait ſon tour & parcouru 100 parties avec ſon éguille ſur le plus grand cadran de la figure S, la roue qui a une dent de plus, recule d'un point & fait avancer l'éguille du milieu ſur le petit cadran auſſi diviſé en 100 parties, laquelle n'acheve un de ſes tours que lorſque l'éguille du grand cadran en a fait 100 des ſiens, qui ſont autant de pas, & par conſéquent l'éguille du petit cadran n'a fait un tour entier qu'au bout de 10000 pas.

Il y a trois tenons percés & attachés à la plaque de deſſous, pour la faire tenir avec des goupilles à la plaque de deſſus, ſur laquelle ſont poſés les cadrans de la figure S.

Toute la machine eſt renfermée dans ſa boëte, recouverte d'un criſtal ; d'un côté il y a deux anneaux pour y paſſer un ruban, afin d'attacher cet inſtrument à la ceinture ; & à l'autre extrémité de la boëte il y a une ouverture par où paſſe la petite lame d'acier, pour y recevoir un cordon qui s'attache à la jarretiere.

L'uſage de cet inſtrument eſt qu'étant ainſi attaché, à chaque tenſion de genou que l'on fait pour avancer un pas, le cordon tire la lame d'acier ; cette lame fait mouvoir le pied-de-biche, & par le même moyen l'étoile avec le pignon, & en même-tems les roues font avancer l'éguille du grand cadran d'une diviſion. A l'inflexion du genou le reſſort ſe replace & ſe tire de nouveau par une autre tenſion : & lorſqu'on a pris une meſure, ou que l'on a fait bien du chemin, on regarde ſur ſon cadran & l'on écrit la quantité de pas qu'on a trouvés. Les pas ſont à peu près de deux pieds, & il eſt aiſé de s'accoutumer en marchant de les faire juſtes de cette meſure.

Quand le terrein n'eſt pas de niveau, les pas ne ſont pas égaux ; car en deſ-

cendant ils s'allongent, & en montant ils se racourcissent. Il faut y avoir égard & les réformer par l'expérience.

On fait aussi de ces sortes d'instrumens qu'on ajuste à une roue dont on connoît la circonférence, qui est, par exemple, d'une toise; & quand ladite roue arrive à un certain point où il y a un tenon qui tire une branche de fer, le pied-de-biche se détend, & par ce moyen fait avancer les roues, qui font en même-tems avancer l'éguille d'une division, & par là l'on connoît combien l'on a parcouru de toises.

On ajuste aussi le compte-pas au derriere d'un carosse, de telle maniere que quand la grande roue du carosse est parvenue à un point, elle fait détendre le cliquet & fait avancer l'éguille d'une division; or en connoissant la circonférence de ladite roue, on sçait combien l'on a fait de chemin.

Construction de la plate-forme, pour diviser & fendre les roues & pignons des Horloges.

L'Instrument marqué A de la planche dixiéme est nommé plate-forme des Horlogeurs. Il sert à diviser & fendre ou faire les dents des roues & les pignons des pendules & montres de poches. Cette machine est très-commode & abrége beaucoup de tems aux horlogeurs, pour fendre facilement les dents des roues & les diviser bien éxactement. La plaque A faite de laiton, bien dressée & de 7 à 8 pouces de diamétre, est d'une ligne d'épaisseur; on y trace plusieurs cercles concentriques que l'on divise en différens nombres pairs ou impairs, dont les plus grands sont toujours les plus près du bord.

X. Planche. Fig. A.

Si, par exemple, on veut diviser un de ces cercles en 120 parties égales, on le divise premiérement en deux moitiés, dont chacune contient 60 parties, que l'on subdivise encore en deux moitiés, dont chacune contient 30 parties, que l'on subdivise encore en deux moitiés, dont chacune moitié sera de 15 parties, lesquelles étant divisées en trois feront 5; enfin chacune de ces dernieres parties en 5: & par ce moyen tout le cercle se trouvera divisé en 120 parties.

Mais si l'on veut diviser un de ces cercles en nombre impair, par exemple, en 81 parties égales; il faut d'abord le diviser en trois tiers, dont chacun sera de 27 parties, lesquelles étant subdivisées en trois tiers, chacun desdits tiers sera de 9 parties, & chacune de ces nouvelles parties étant divisées en trois, puis ces trois-ci encore en trois; par ce moyen le cercle se trouvera divisé en nombre impair en 81 parties égales.

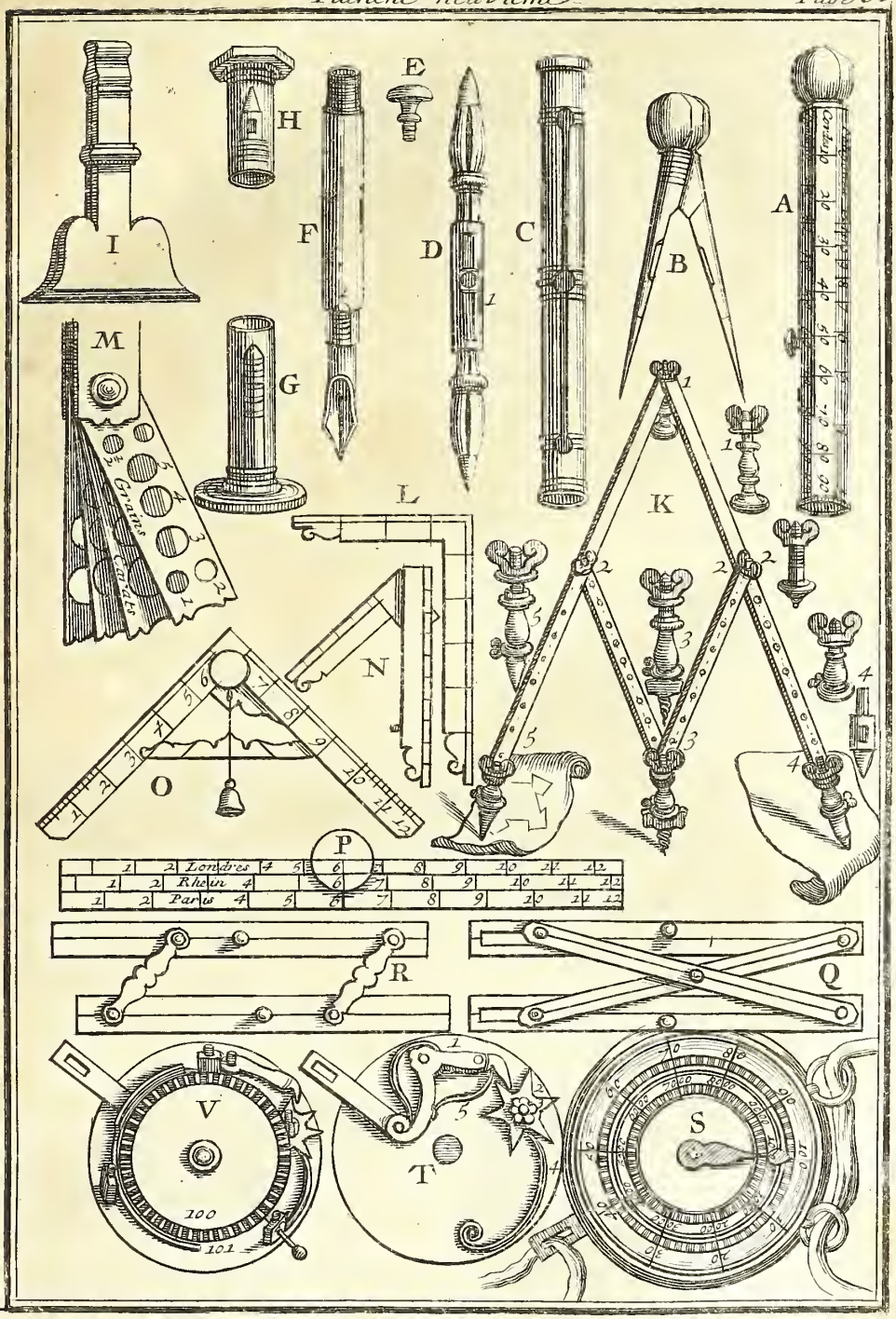
Ainsi de tout autre nombre à diviser en cherchant leurs parties aliquotes les plus convenables aux divisions que l'on se propose de faire.

Les cercles de cette plate-forme étant divisés, on fait avec une pointe d'acier bien fine, des petits points à chaque division.

Quand on veut diviser simplement une roue d'horloge, pour la fendre à la main, on place le trou qui est à son centre à l'arbre qui fait le centre de la plate-forme; & l'ayant arrêté fixément, on trace avec une régle à centre d'acier mince, que l'on fait tourner de division en division d'une des circonférences convenables au nombre, des dents que l'on veut avoir sur la roue, alors elle se trouvera divisée.

Ensuite on refend les dents avec une lime mince, laissant à peu près autant de plein que de vuide, & la roue se trouve achevée.

Mais


A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
V
Grains
Carats
Londres
Rhein
Paris
100
101

Mais quand on veut se servir de cette machine pour fendre tout d'un coup les roues d'horloge, elle est composée de la maniere que nous allons l'expliquer.

La figure premiere représente le plan de la machine toute montée & prête à s'en servir. La piéce marquée 1 est le touret qui porte une roue d'acier de l'épaisseur du vuide que l'on veut laisser entre les dents, elle est taillée en lime par le bord & est montée sur un arbre quarré sur lequel il y a une petite bobine ou poulie, afin de la faire tourner entre deux pointes d'acier. L'endroit marqué 2 est le porte-touret, il a un mouvement aux deux extrémités comme la tête d'un compas, afin d'élever ou baisser la roue à lime. Fig. A.

La figure 2 représente le touret de face; à lendroit marqué 1 est la roue taillée en lime montée sur son arbre avec la bobine entre les deux pointes qui sont arrêtées ferme par les deux vis à tête marquées 7. A l'endroit marqué 2 est le mouvement pour placer le touret vis-à-vis de la roue qu'on veut fendre. Les vis marquées 9 sont pour arrêter le touret qu'on fait entrer par le trou quarré où aboutissent lesdites vis dans la piéce de fer marquée 3, qui est une espéce de régle. Ladite régle est double, c'est-à-dire, qu'il y en a une dessus la plate-forme, & l'autre dessous. Elles sont d'une épaisseur convenable, & se tiennent ensemble par les deux bouts avec deux fortes vis, laissant un vuide entre deux suffisant pour contenir la plate-forme, & y faire couler le touret & le ressort qui porte la pointe dont nous parlerons ci-après.

La figure 3 représente le profil de toute la machine montée. La piéce marquée 1 est le touret placé proche la roue qu'on veut fendre marquée 6: ladite roue est posée au centre & arrêtée par des vis à l'arbre qui traverse la machine. La piéce marquée 3 est la régle de fer sur laquelle coulent tant le touret marqué 2 que le ressort qui porte la pointe marquée 4. La piéce qui est au-dessous marquée 5 est une queue de fer, pour tenir ferme toute la machine dans un étau, quand on veut s'en servir.

La figure 4 est une pointe d'acier bien fine & bien trempée qui entre à vis au bout d'une espéce de ressort, qui a un mouvement circulaire pour placer la pointe dans tous les points de division qui sont sur la plate-forme; il y a une autre piéce qui se rejoint sur le ressort, afin d'appuyer par une vis la pointe & l'empêcher de sortir de chaque division où elle est posée.

L'endroit marqué 3. est l'ouverture par où ladite piéce coule le long de la régle de fer, & qu'on arrête où l'on veut par le moyen de la vis qui est au bout.

Enfin la figure 5 est l'arbre qui se met au centre de la machine, & sur lequel on pose les roues qu'on veut fendre en les arrêtant ferme par le moyen des écrous qui sont dessus & dessous. On a pour l'ordinaire plusieurs arbres de différente grosseur à proportion des ouvertures des centres des roues qu'on veut fendre. Fig. A.

L'usage de cette machine est facile; il n'y a qu'à faire tenir fermes les roues au centre à l'endroit marqué 6, puis ajuster le ressort marqué 4, dont la pointe doit être placée bien juste sur la division qui est autour de la circonférence qui contient pareil nombre à celui des dents qu'on veut faire. On approche ensuite le touret avec sa roue à refendre par le moyen de la grande vis qui est arrêtée par un collet taraudé & qui est attaché au bout de la régle de fer à l'endroit marqué 5. L'autre bout de la vis, qui doit être entaillé & non taraudé, entre dans un trou rond qui est au bas du touret, &

eſt arrêté par une goupille, en ſorte qu'en tournant la vis on fait avancer ou reculer le touret tant & ſi peu qu'on veut. Ayant ainſi placé le touret, il n'y a qu'à faire tourner la roue à refendre 4 ou 5 tours par le moyen d'un archet dont la corde eſt paſſée autour de la petite poulie, alors la dent ſera fendue d'un côté ; & ayant fait faire le tour de la circonférence à la machine en plaçant toujours bien juſte la pointe du reſſort dans chaque point de diviſion & donnant toujours à chaque point 4 ou 5 coups d'archet, la roue ſe trouvera fendue & les dents bien faites : les pignons ſe fendent de même. On fait à préſent de ces machines avec leſquelles, au lieu de ſe ſervir d'un archet, on met une manivelle au bout de l'arbre qui porte la roue à lime ; & cela a plus de force.

Il eſt à remarquer que l'on a des roues à refendre de différente épaiſſeur conformément au vuide que l'on veut faire à chaque dent. A la fin de cet Ouvrage je donnerai la conſtruction d'une Pendule à ſecondes, où l'on verra l'utilité de cette machine, qu'on perfectionne tous les jours.

Conſtruction des armures des pierres d'aimant, maniere de tailler leſdites pierres pour les armer, & expériences ſur l'aimant, &c.

X. *Planche.* LEs figures B & C repréſentent deux pierres d'aimant armées ; la premiere en forme de parallélipipede, & la ſeconde en forme de ſphére. Nous allons expliquer la maniére de les bien armer, après avoir parlé des vertus & propriétés de cette pierre.

L'aimant eſt une pierre très-dure & très-peſante qui ſe trouve dans les miniéres de fer. Elle eſt à peu près de la même couleur que le fer ; c'eſt pourquoi on la met au rang des minéraux ; elle a des propriétés merveilleuſes, dont l'une eſt d'attirer le fer & l'autre de ſe diriger vers les pôles du monde. La communication de ſa vertu eſt ce qui la fait conſidérer par tout le monde pour les grands avantages qu'on en reçoit ſoit par l'uſage de la bouſſole dans les voyages de long cours, ſoit par les autres utilités qu'on en retire dans les ſciences.

L'aimant attire le fer & réciproquement le fer attire l'aimant, même à travers des corps qui leur ſont interpoſés. Cette pierre communique auſſi au fer la faculté d'attirer un autre : car un anneau de fer par exemple, qui a été touché d'une bonne pierre d'aimant, enleve un autre anneau par un ſimple attouchement, & ce ſecond anneau un troiſiéme & ainſi de ſuite : au moyen dequoi ils font comme une eſpéce de chaîne ; mais il faut que le premier anneau ſoit plus fort que le ſecond, & le ſecond plus que le troiſiéme.

On voit auſſi que la lame d'un couteau qui a été touchée d'un aimant enleve des éguilles & des petits morceaux de fer. Si l'on met pluſieurs éguilles à coudre ſur une table les unes près des autres & qu'on approche un aimant de la premiére éguille, cette premiére ayant acquis la vertu magnétique attirera la ſuivante, & celle-ci une autre, enſorte qu'elles paroîtront toutes comme attachées les unes aux autres.

Le fer attire réciproquement l'aimant lorſque cette pierre ſe peut mouvoir librement ; car ayant mis une pierre d'aimant dans une eſpéce de petit bateau leger qui puiſſe flotter ſur l'eau d'un baſſin, ſi on lui préſente un morceau de fer à une diſtance convenable, on verra que ce petit bateau fendra l'eau par la vertu de l'aimant qui veut ſe joindre au fer.

Pour éviter l'embarras de ſe ſervir d'eau & de petits bateaux, principalement en hiver, on a depuis peu inventé une eſpéce de balance magnétique qui conſiſte en une piéce de laiton ou d'argent contournée en maniére d'anſe de petit ſeau ; au milieu de cette anſe il y a une piéce en baluſtre qui ſe termine en pointe, & on la poſe ſur un petit enfoncement qui eſt au bout d'un morceau de fil de laiton ou d'argent, & eſt attaché à un petit pied-d'eſtal qui ſert à porter toute la machine, en ſorte qu'elle puiſſe ſe mouvoir en tous ſens. Aux deux extrémités de l'anſe ſont deux petits baſſins, dans l'un deſquels on met un aimant & dans l'autre une boule de fer qui faſſe équilibre avec l'aimant. On peut faire avec cette petite machine les mêmes expériences qu'avec les petits bateaux ; car étant poſée ſur le pivot elle tourne très-facilement, en ſorte que préſentant le pôle boréal d'un aimant au pôle boréal de l'aimant placé dans le baſſin, cet aimant fuira avec beaucoup de vîteſſe celui qu'on lui préſente, & préſentant le pôle boréal de l'aimant qu'on tient à la main au pôle auſtral de celui qui eſt dans le baſſin, cet aimant s'approchera auſſi-tôt & s'arrêtera dans l'inſtant ; on fait auſſi avec cette balance les mêmes choſes par les boules d'acier qu'avec les bateaux.

A l'égard de la proprieté de l'aimant, qui eſt de ſe diriger vers les pôles du monde, on la reconnoît par l'expérience ſuivante : Quand on laiſſe flotter un morceau de liége avec une pierre d'aimant ſur une eau dormante, ſans qu'il y ait de fer ou autre choſe qui l'empêche de ſe mouvoir librement & de prendre ſa ſituation naturelle, on remarque qu'elle ſe diſpoſe toujours d'une même façon à l'égard du Midi & du Septentrion, de ſorte qu'un endroit de cette pierre regarde toujours le Septentrion, & ſon oppoſé le Midi.

On doit remarquer que l'aimant ne ſe dirige pas droit au pôle du monde ; à cauſe de ſa déclinaiſon qui eſt à préſent de plus de 17 dégrés Nord-Oueſt, en ſorte que le pôle boréal de l'aimant ſe dirige à plus de 17 dégrés près de celui du monde, & ſon oppoſé également : ce qui a fait appeller pôles de l'aimant ces deux endroits qui regardent les deux pôles magnétiques du monde, & axe principal de l'aimant la ligne droite qui s'étend d'un pôle à l'autre. C'eſt autour de cet axe que ſe manifeſte la plus grande force de l'aimant, & c'eſt aux deux pôles que ſa vertu ſe communique davantage. On a auſſi imaginé un équateur, qui eſt un cercle autour de la ſurface de l'aimant également diſtant des pôles, & même des méridiens paſſans par ſes deux pôles principaux, ce que l'on a nommé ſphére magnétique par le rapport de toutes les proprietés que l'aimant a avec le globe de la terre, que l'on peut auſſi conſidérer comme un véritable aimant par toutes les expériences qu'on en a faites.

Pour trouver les pôles principaux d'une pierre d'aimant, il faut poſer ſur une carte cette pierre en ſorte que ſon axe principal ſe trouve dans le plan de ladite carte ; puis ſemer de la limaille de fer ou d'acier en la tamiſant ; enſuite dequoi on frape doucement avec un petit bâton, afin que mettant en mouvement cette limaille, la matiére magnétique lui faſſe prendre un arrangement conforme au chemin que tient cette matiére pour paſſer d'un pore boréal dans un autre pore auſtral ; alors on s'appercevra que cette limaille ſera rangée en forme de pluſieurs demi-circonférences, dont les extrémités oppoſées marqueront les pôles de l'aimant. *Fig.* A B.

Ces opérations font croire qu'il y a une matiére magnetique qui entre par un des pôles de la terre, & qu'elle ſort par un autre pôle en décrivant une ligne courbe pour aller rentrer par le même pôle où elle étoit déja entrée. Cette matiére étant ainſi mûe continuellement entre dans les corps qu'elle trouve dans ſon paſſage, qui ſont propres à la recevoir. Les pores des pierres d'aimant, & ceux de l'acier & du fer ſont plus proportionnés à la groſſeur & à la figure des petites parties de matiére magnétique que les pores des autres corps. Une partie de cette matiére magnétique en circulant autour de la terre entre donc dans les pierres d'aimant dans le tems de leur formation dans les entrailles de la terre par l'un des deux endroits qui ſe tourne vers les pôles de la terre & ſort par l'autre, & il ſe forme un tourbillon autour des pierres d'aimant de même qu'autour de la terre.

On peut encore connoître les pôles d'un aimant en le plongeant dans de la limaille de fer ou d'acier, ou pour le mieux, dans de petits bouts de fil d'acier qu'on a coupé ; car pour lors ils feront pluſieurs différentes configurations autour de la pierre ; il y en aura qui ſeront tout-à-fait couchés, d'autres à demi-courbés, & enfin d'autres tout droits ; & ces endroits de la pierre où ces petits bouts d'acier ſeront perpendiculaires & où la limaille ſera hériſſée, ſeront immanquablement ſes pôles, & l'endroit où ils ſe tiennent couchés marquera ſon équateur.

Connoiſſant ainſi les pôles de l'aimant on déterminera leurs noms en le faiſant flotter ſur l'eau ſur un petit morceau de liége ou le ſuſpendant avec un fil, de telle ſorte que ſon axe ſoit parallele à l'horiſon ; alors le pôle de cette pierre qui ſe tournera vers le Nord du monde ſera le Sud de l'aimant, & le point oppoſé ſera le Nord.

On connoîtra auſſi les pôles d'un aimant avec une bouſſole ; car préſentant une éguille aimantée à une pierre d'aimant, le bout qui aura été touché tournera auſſi-tôt vers le pôle de la pierre qui lui convient, & l'autre bout de l'éguille tournera de même vers l'autre pôle de la pierre.

Les pôles de la pierre étant trouvés, il eſt néceſſaire de la tailler & de lui donner une forme réguliére en retranchant ce qui eſt inutile ſoit avec une ſcie & de la poudre d'émeri, ou bien ſur une meule de gagne-petit, en lui conſervant ſon axe le plus long qu'il ſera poſſible, & donnant à ſes pôles une figure ſemblable ; pour achever de la dreſſer & l'adoucir, on la frottera ſur une plaque de fer unie avec du grais ou du ſable.

Pour faire un grand nombre d'expériences, il eſt à propos de faire prendre à la pierre une figure la plus réguliére qu'il eſt poſſible, laquelle figure ſe détermine par rapport à celle de la maſſe irréguliére qu'on veut travailler ; la cubique, la parallélipipede, l'ovale & la ronde ſont les plus avantageuſes ; mais il faut préférer la parallélipipede & l'ovale, à cauſe que l'axe principal de l'aimant en étant plus long l'effet en ſera plus ſenſible. Si on veut tailler une pierre en forme de ſphére, il ne faut pas s'embaraſſer de chercher d'abord ſes pôles ni ſon axe ; il faudra ſeulement la dégroſſir dans un baſſin de fer bien concave, en ſe ſervant pour cela de poudre d'émeri, puis achever de l'arrondir dans une matrice ou baſſin de cuivre concave avec du grais, & enſuite pour l'adoucir on ſe ſervira de ſable fin.

La figure ſphérique d'un aimant eſt fort avantageuſe pour pluſieurs expériences ; on trouve ſes pôles de la même maniére que nous avons dit ci-devant.

Mais avant que de ſe donner la peine de couper & de tailler une pierre d'ai-

mant, il eſt à propos de s'aſſûrer de ſa bonté, en voyant ſi elle ſe charge bien de limaille de fer ou de petits morceaux d'acier, & ſi elle n'a point de matiére étrangere qui traverſe ſes pores & qui empêche la matiére magnetique de circuler & de paſſer d'un pôle à l'autre.

La bonté d'un aimant conſiſte en deux choſes eſſentielles, qui ſont premiérement d'être homogéne, c'eſt-à-dire, qu'il ait un grand nombre de pores remplis de même matiére magnétique, laquelle les parcoure en formant autour dudit aimant un tourbillon très-étendu & rempli d'un grand nombre de particules de même genre. En ſecond lieu, que ſa figure ſoit de façon à pouvoir contribuer à ſa force, étant certain que de tous les aimants de pareille bonté, celui-là l'emportera pardeſſus tous, qui ſera le plus vigoureux & qui aura ſon axe plus long, qui ſera le mieux poli, & dont les pôles ſe rencontreront juſtes aux deux extrémités.

Deux aimants étant ſur l'eau dans une petite gondole, auſquels on préſentera leurs pôles hétérogénes, c'eſt-à-dire de divers noms, s'approcheront; au lieu que quand on leur préſente leurs pôles homogénes, c'eſt-à-dire de même nom, ils ſe fuient.

Si un aimant eſt coupé en deux piéces parallélement à ſon axe, les côtés des piéces qui étoient enſemble avant la diviſion, ſe fuient.

Si un aimant eſt coupé en deux pieces ſuivant ſon équateur, les côtés des piéces qui étoient enſemble avant la coupe, ſe trouvent pôles de divers noms & s'approchent.

Un aimant fort qui en touche un plus foible, l'attire par ſon pôle de même nom, &c.

Deſcription des armures.

L'Armure d'un aimant taillé en parallélipipede rectangle eſt compoſée de deux morceaux d'acier ou de fer bien doux en forme d'équerre; l'acier trempé eſt plus propre que le fer, parce que ſes pores ſont plus ſerrés & en plus grande quantité. Il faut avoir grand ſoin que les armures embraſſent & touchent bien juſtement les pôles, & qu'elles ſoient épaiſſes à proportion de la bonté de l'aimant: car ſi à un foible aimant on mettoit une forte armure, elle ne feroit point d'effet, parce que la matiére magnétique n'auroit pas aſſez de force pour paſſer à travers; de même ſi l'armure d'une forte pierre étoit trop mince, elle ne pourroit pas contenir toute la matiére magnétique qu'elle devroit contenir, & par conſéquent ne feroit pas tant d'effet. Fig. E.

Cela ſe reconnoît en éprouvant & limant peu à peu les armures juſqu'à ce que l'on voye que l'effet s'augmente, & quand il n'augmente plus, c'eſt une marque que les armures ſont dans une juſte proportion & qu'elles ont l'épaiſſeur convenable. Après quoi il faut les adoucir en dedans & les polir en dehors.

A l'égard des têtes des armures elles doivent être plus épaiſſes que le reſte, & couvrir environ les deux tiers de la longueur de l'axe.

On éprouvera de même l'épaiſſeur & la longueur qui conviendront le mieux à la pierre, en les limant peu à peu.

Il faut ſur tout avoir grand ſoin que les deux têtes ſoient d'égale épaiſſeur, & que leurs baſes ſe rencontrent bien juſte dans un même plan. Enſuite on ajuſtera une ceinture de laiton ou d'argent marquée 5 autour de la pierre qui ſervira à ſerrer & maintenir les armures par le moyen des deux vis marquées 1; on mettra auſſi au-deſſus une platine de laiton, ou autre matiére qui portera le pendant & ſon anneau; ladite platine maintiendra le

haut des armures avec deux écrous aux endroits marqués 6. On ajuſte enfin un porte-poids avec ſon crochet de même matiére. Il eſt compoſé d'une lame d'acier de longueur, largeur & épaiſſeur convenable, & du côté où il doit toucher les baſes des têtes des armures, il faut qu'il ſoit bien droit, bien adouci & un peu arrondi par les bords, afin que le contact s'en faſſe mieux.

A l'égard de l'armure de l'aimant ſphérique, elle eſt compoſée de deux coquilles d'acier qui ſe tiennent par le haut avec une charniére aux endroits marqués 6, d'une ceinture à l'endroit 5, d'un anneau à l'endroit 4, & d'un porte-poids à l'endroit 2. Il faut ſur tout que les coquilles ſoient bien fraiſées en rond par dedans & qu'elles joignent bien juſte la ſuperficie; de maniére que chacune embraſſe bien ſes pôles & qu'elle couvre une très-grande partie de la convexité de la pierre. On connoît l'épaiſſeur & la largeur qui convient à cette armure par des épreuves ſemblables à celles dont nous avons parlé ci-devant. Au reſte les figures B & C font aſſez connoître ce que nous venons de dire. Fig. C.

C'eſt une choſe merveilleuſe que deux petits morceaux d'acier, qui font l'armure d'un aimant, ſemblent augmenter tellement ſa force, qu'on a vû de bonnes pierres leſquelles après avoir été armées, enlevoient plus de cent cinquante fois plus qu'elles ne faiſoient lorſqu'elles étoient nues.

Il y a des pierres paſſablement bonnes, qui peſent nues environ trois onces & n'enlévent qu'une demi-once de fer; mais étant armées elles lévent plus de ſept livres.

Pour conſerver un aimant on le tient dans un lieu ſec parmi de petits bouts de fil d'acier: car la limaille, qui eſt toujours pleine de pouſſiére, le fait rouiller.

On le ſuſpend auſſi quelquefois, afin qu'ayant la liberté de ſe mouvoir, il ſe dirige vers les pôles du monde.

Dans cette ſituation on lui met ſon porte-poids avec le crochet, auquel on attache la charge qu'il porte d'ordinaire, & de tems en tems on y ajoûte quelque petit poids nouveau; & ayant continué pendant quelques jours, on verra qu'il ſoutient beaucoup plus de poids qu'il ne faiſoit auparavant.

Nous allons rapporter pluſieurs expériences que l'on fait ordinairement avec la pierre d'aimant.

LA premiére & la plus utile eſt celle d'aimanter les éguilles des bouſſoles. Pour le faire adroitement, on coule doucement & on tire de loin l'éguille 3 ou 4 fois ſur un des pôles de l'aimant depuis ſon milieu juſqu'à ſon extrémité; mais il faut remarquer que le bout de l'éguille d'une bouſſole qui a touché à un des pôles de l'aimant, ſe tourne vers l'endroit du monde oppoſé à celui qui regarde ce pôle; c'eſt pourquoi ſi on veut que le bout de l'éguille ſe dirige vers le Nord, il faut le faire toucher au pôle de l'aimant qui regarde le Sud. Plus les éguilles ſont longues, moins elles ont de vibration.

Cette merveilleuſe direction de l'aimant & de l'éguille aimantée vers les pôles du monde n'eſt connue en Europe que depuis environ 200 ans, & les Pilotes en tirent la principale connoiſſance de leurs routes dans les gran-

des navigations. Ce qui eſt incommode, c'eſt que l'éguille aimantée ne ſe dirige pas toujours exactement vers les pôles du monde, mais qu'elle décline tantôt plus tantôt moins vers l'Orient ou vers l'Occident, & que ſa déclinaiſon n'eſt pas même égale par tout. Il paroît que cette variation eſt plus ſenſible dans les climats ſeptentrionaux que vers l'Equateur, & même cette variation n'eſt pas égale dans un même climat. La France & ſes environs répondent pour le climat à la mer Caſpienne; cependant la déclinaiſon n'a pas été en France plus loin qu'à 17 dégrés & demi Nord-Eſt; & dans la mer Caſpienne elle a été juſqu'à 24. Depuis le commencement du ſiécle paſſé cette variation a toujours diminué à Paris, juſqu'en 1666. qu'on n'en trouva point à l'Obſervatoire; depuis lequel tems la variation ayant paſſé au Nord-Oueſt, elle s'eſt accrue petit à petit juſqu'à cette année qu'elle a été trouvée à l'Obſervatoire de 17 dégrés du même côté. Il y a des Auteurs qui attribuent ces changemens à des mines de fer ou d'aimant, qui ſe forment de nouveau dans de certaines parties de la terre, pendant qu'il s'en détruit en d'autres, ce qui détourne le cours de la matiére magnétique qui paſſe d'un pôle à l'autre de la terre dont la direction de l'aimant ou de l'éguille aimantée eſt auſſi détournée.

A une éguille aimantée de bouſſole, outre ſa déclinaiſon on remarque encore ſon inclinaiſon, c'eſt-à-dire, qu'une telle éguille étant en équilibre ſur ſon pivot avant d'être aimantée, elle perd cet équilibre en l'aimantant, & le bout qui dans ce pays tourne au Nord, panche alors vers la terre, comme ſi l'éguille étoit devenue plus peſante de ce côte-là: c'eſt ce qui fait qu'avant d'aimanter les éguilles, on laiſſe le côté qui doit regarder le Nord plus léger que celui qui doit regarder le Sud. Cette inclinaiſon augmente à meſure qu'on approche du pôle, & diminue quand on approche de l'Equateur; tellement que ſous la ligne équinoxiale l'éguille ſe trouve en équilibre: quand on a paſſé la ligne pour aller vers la partie méridionale du monde, pour lors l'autre bout de l'éguille qui regarde le pôle du Sud, commence à pancher vers la terre, tellement que les Pilotes ſont obligés de mettre un peu de cire tantôt à un bout de l'éguille tantôt à l'autre, pour la mettre en équilibre. Plus l'aimant ſur lequel on touche les éguilles a de force, plus il les fait pancher.

On fait exprès des éguilles pour obſerver cette inclinaiſon. C'eſt un morceau d'acier fort uni, traverſé par le milieu à angles droits d'un fil de laiton qui ſert à la ſoutenir ſur deux petits pivots à la maniére que le fléau d'une balance eſt ſoutenu. Elle eſt d'abord miſe en équilibre; mais après qu'elle a été frottée d'un bon aimant, quand on la met dans le plan du Méridien à Paris, le bout de l'éguille qui regarde le Nord, trebuche; & quand elle eſt arrêtée, elle incline à l'Horiſon d'environ 70 dégrés.

Si l'on paſſe une lame d'acier ſur un des pôles de l'aimant armé de la même maniére que nous avons dit des éguilles de bouſſole, cette lame acquiert en un inſtant la vertu magnétique, & ne la perd que peu à peu & après pluſieurs mois, à moins qu'on ne la mette au feu; une lame d'acier étant paſſée ſur une bonne pierre enléve juſqu'à 12 à 14 onces.

Les deux bouts de cette lame ainſi aimantée deviennent pôles de divers noms; l'un boréal, ſçavoir celui dont l'attouchement finit ſur le pôle auſtral de la pierre; & l'autre auſtral, ſi l'attouchement a été fait ſur le pôle boréal de ladite pierre: car ſi cette lame eſt aſſez légére pour nager ſur l'eau, elle ſe dirigera, comme l'aimant, au Nord & au Sud.

Le bout de cette lame par lequel l'attouchement a fini, leve beaucoup plus de fer que l'autre bout ; & ſi l'on paſſe une ſeule fois cette lame à contre-ſens ſur la pierre, elle n'en levera plus, mais elle aura perdu ſa vertu. Il en eſt de même d'une éguille de bouſſole, d'une lame de couteau, &c.

Deux lames aimantées ſe fuïent & s'approchent comme l'aimant.

Si une lame d'acier nage ſur l'eau, on la fera mouvoir comme on voudra ; ſelon qu'on lui préſentera les pôles d'un aimant, ou d'une autre lame aimantée.

Une éguille fine, enfilée & ſoutenue par un fil, fera voir ce qu'on nomme ſympathie & antipathie : car cette éguille ſera chaſſée par un pôle d'un aimant, & attirée par l'autre.

On fera tenir debout une éguille ſans qu'elle touche à l'aimant, en ſorte qu'on pourra paſſer entre elle & l'aimant une piéce d'argent, ou autre matiére, pourvû que ce ne ſoit pas de fer.

Si autour d'un aimant rond ou d'une autre figure ſuſpendu par un fil on place circulairement ſur leurs pivots pluſieurs petites éguilles de bouſſole aimantées, & qu'on faſſe mouvoir l'aimant en tout ſens, on verra auſſi mouvoir toutes ces éguilles d'une maniere agréable, en prenant différentes ſituations, & lorſque l'aimant ceſſera de ſe mouvoir ces éguilles ceſſeront auſſi en obſervant chacune à part une diſpoſition conforme à la façon dont on l'aura aimantée.

Nous avons parlé de l'arrangement de la limaille autour d'un aimant poſé ſur un carton ; il en ſera à peu près de même autour d'une lame d'acier aimantée.

Si l'on ſéme de la limaille ſur un carton & que l'on paſſe un aimant deſſous, la limaille ſe dreſſera, puis ſe couchera du côté d'où vient l'aimant.

Si au lieu de limaille on met ſur un carton un ou pluſieurs bouts d'éguilles caſſées, ils ſe dreſſeront par un bout en préſentant un des pôles de l'aimant ; mais ſi l'on préſente l'autre pôle, ils feront la culbute, puis ſe redreſſeront ſur l'autre bout.

Il n'eſt pas ordinairement facile de ſéparer une pouſſiére noire mêlée avec du ſable blanc, & propoſer ce problême à réſoudre à une perſonne qui n'en auroit pas le ſecret, ce ſeroit lui demander l'impoſſible : cependant ſi l'on méle de la limaille de fer avec du ſablon d'Etampes, on les ſépare facilement avec une pierre d'aimant ou une lame d'acier aimantée : car enfonçant l'un ou l'autre dans ce mélange, on enleve à diverſes fois tout ce qu'il y a de fer parmi ce ſable, qui reſte ſeul.

Un aimant enleve une piroüette qui tourne & dont l'axe eſt d'acier ; & ſi elle eſt un peu peſante, elle tournera plus long-tems en l'air qu'elle n'auroit fait ſur une table, où le frottement fait plutôt ceſſer ſon mouvement. Si l'aimant a aſſez de force, la piroüette qui y tient peut en enlever une ſeconde, & toutes les deux tourneront à contre-ſens.

On peut encore faire une expérience aſſez divertiſſante, en mettant dans un baſſin plat où il y a de l'eau, de petits poiſſons ou des cignes d'émail, qui ſont ordinairement enfilés d'un fil d'acier. On aura le plaiſir de les voir nager & courir çà & là en paſſant ſous le baſſin une bonne pierre d'aimant. On peut leur donner tel mouvement qu'on veut en promenant la pierre de différentes façons : car ſi on la tourne en ſerpentant, les poiſſons ſerpenteront ; ſi on leur préſente le pôle de l'aimant, ils plongeront comme

pour

pour s'y joindre. On y peut auſſi mettre de petits ſoldats d'émail, que l'on pourra faire approcher ou écarter les uns des autres en forme de combat; & en leur préſentant l'équateur de l'aimant, ils ſe couchent & ſemblent tomber.

C'eſt une choſe aſſez curieuſe de voir une éguille à coudre enfilée ou une petite fléche attachée par un cheveu à l'arc d'un Cupidon, demeurer ſuſpendue en l'air à 8 ou 10 lignes de diſtance d'un bon aimant; & quoiqu'avec le bout d'une éguille on écarte un peu plus cette fléche à droit ou à gauche, elle ſe rapproche auſſi-tôt, & par ſon agitation elle ſemble vouloir ſe joindre à cette pierre avec beaucoup de viteſſe.

Nous laiſſons pluſieurs autres expériences, parce qu'elles nous méneroient trop loin: il s'en fait plus de cent différentes. Le principal eſt d'avoir un bon aſſortiment d'aimant pour faire les plus belles & les plus curieuſes.

Conſtruction d'un aimant artificiel.

CEt Inſtrument eſt compoſé de pluſieurs lames d'acier bien dreſſées & bien unies, miſes les unes ſur les autres. Pour le faire paſſablement bon il en faut du moins une vingtaine, ſuivant la force de l'aimant qu'on veut faire, qui ayent environ dix pouces de longueur, un pouce de largeur & demi-ligne d'épaiſſeur: il ſeroit inutile de les faire plus épaiſſes, parce que la vertu magnétique ne ſe communique pas plus avant dans l'acier. Fig. BB.

Ces lames étant aimantées avec une bonne pierre, on les place l'une ſur l'autre ſuivant leurs plus larges ſurfaces, ayant leurs pôles de même nom tournés du même côté & formant un parallélipipede rectangle. Ces lames ſont preſſées par quatre étriers de laiton & autant de petits coins de même matiére, marqués 3 & terminés par deux armures de fer, de longueur, largeur & épaiſſeur convenables. La baſe de leurs têtes a environ deux pouces de largeur. Ces armures ſont retenues par une ceinture de laiton & ferrées avec des vis marquées 2. Il y a une plaque de laiton qui les couvre par deſſus, à laquelle eſt attaché le pendant avec ſon anneau, & au-deſſous eſt ſon porte-poids marqué 5. Il faut faire en ſorte que le deſſus du porte-poids faſſe un contact le plus parfait qu'il eſt poſſible avec les têtes des armures. Quand les aimants artificiels ſont bien faits & touchés avec de bonnes pierres, ils ont autant de vertu que les bons aimants naturels, & on peut s'en ſervir pour faire les mêmes expériences.

Il ſe fait auſſi un aimant artificiel plus ſimple que celui dont je viens de parler. Ce ſont trois ou quatre lames d'acier, comme le bout d'en-bas des fleurets de la longueur de 12 à 15 pouces, qu'on aimante avec une bonne pierre. On les joint enſemble en les ſerrant avec des étriers de laiton, le bout d'en-bas qui ſera le plus mince & qui aura été touché, enlevera le fer & touchera les éguilles de bouſſoles; mais il faut avoir ſoin de retoucher ces lames de tems en tems.

Conſtruction du Peſon à reſſort.

CEtte machine eſt un Peſon qui ſe peut porter aiſément à la poche, & dont on ſe ſert bien facilement pour peſer un poids depuis une livre juſqu'à environ 40. Fig. DI

Cet Instrument est composé d'un tuyau ou canon de cuivre bouché par les deux bouts, long de 4 à 5 pouces & large de 7 à 8 lignes, dont on voit un bout marqué 3, le reste étant ouvert pour faire voir le dedans qui est un ressort de fil d'acier trempé, fait en maniére de vis, comme un tire-boure d'arquebuse & marqué 2. Il y a par le bout d'en-haut une petite virole marquée 6, qui a un trou quarré par où passe une verge de cuivre marquée 1, qui est aussi quarrée, & qui traverse le ressort, sur laquelle verge sont les divisions des livres qu'on y a marquées, en mettant successivement au crochet marqué 4 un poids d'1, 2, 3 livres, &c. suivant qu'on veut que le Peson porte de poids. On écrit aussi les chifres de 5 en 5 sur la verge; & le lieu où elle se trouvera coupée par le bord du trou quarré marqué 7, marquera les livres; ce qui arrivera en divers points par les différens poids attachés au crochet 4, qui par leur pesanteur feront étendre & retrécir le ressort, & en même tems sortir en dehors une plus grande ou plus petite partie de la verge, qui doit être arrêtée par le bout d'en-bas au ressort par une petite vis.

L'usage en est fort facile: car la virole à vis marquée 6 étant mise au haut de la grande virole, le ressort sera dans toute son étendue au long de la branche; & en mettant un poids au crochet, il fera replisser ledit ressort & sortir la branche en dehors; alors remarquant le nombre qui sera coupé par le bord de la petite virole, ce seront autant de livres que pesera ce qui sera attaché au crochet.

La principale justesse de cette machine consiste en la trempe du ressort, afin qu'il se ploye & se tende suivant la force du poids qu'on lui veut faire porter. Il faut aussi que le fil d'acier soit gros à proportion du poids que le peson portera de livres, ce qui déterminera aussi la grosseur & la longueur de l'Instrument.

Construction du Peson à fléau.

Fig. E. CEt Instrument est une espéce de Peson ou balance de l'invention de Mr Cassini. Cette balance consiste en une verge suspendue par un fléau en son point d'équilibre 5, qui divise ladite verge en deux bras, comme celle des balances communes. Chacun de ces bras est divisé en parties égales suivant la longueur de l'instrument, dont l'ordre commence du point de l'équilibre allant vers les deux extrémités marquées 1 & 2.

L'usage de cette balance est de connoître le poids & le prix des marchandises en même tems. Si on veut se servir de cette balance pour peser les marchandises, il faut mettre à un des bras de la balance un contre-poids marqué 4, d'une livre ou d'une once, suivant que les marchandises se pesent par livres ou par onces, de telle maniere qu'il puisse couler le long du bras comme dans les romaines, & de l'autre côté il faut mettre un fil de soye pour soutenir la marchandise. Pour en sçavoir le poids, il faut mettre le fil de soye à la premiere division qui est la plus proche du point de l'équilibre; & faisant couler le contre-poids jusqu'à ce qu'il fasse équilibre il marquera dans ce point le nombre des livres ou des onces de la marchandise.

Si l'on veut sçavoir le prix de toute la marchandise à raison du prix convenu, comme à 7 sols l'once ou la livre, mettez le fil qui soutient la mar-

chandiſe à la ſeptiéme diviſion du même bras, enſuite faiſant couler le contre-poids ſur l'autre bras, juſqu'à ce qu'il ſoit en équilibre, le nombre des diviſions depuis le point de ſuſpenſion juſqu'au contre-poids, ſera le nombre des ſols ou la valeur de la marchandiſe peſée.

Pour les marchandiſes qui ne ſçauroient être peſées que dans un baſſin, prenez-en un qui ſoit d'un poids connu, comme d'une once ou d'une livre, le crochet pour le ſuſpendre y compris; & pour trouver le poids & le prix de la marchandiſe, faites la même choſe que vous avez faite avec le fil de ſoye, & en ôtez celui d'une livre ou d'une once, qui eſt le poids du baſſin.

La livre dont on ſe ſert à Paris eſt de 16 onces & ſe diviſe en deux marcs qui ſont chacun de 8 onces; l'once ſe ſubdiviſe en 8 gros, le gros en 72 grains, & le grain, qui eſt à peu près le poids d'un grain de froment, eſt le plus petit poids qui ſoit en uſage.

Le quintal peſe cent livres.

Rapports du poids de Paris à ceux des pays étrangers.

La livre d'Avignon, Lyon, Montpellier & Toulouſe peſe 13 onces.

La livre de Marſeille & de la Rochelle peſe 19 onces.

La livre de Rouen, Beſançon, Straſbourg & Amſterdam peſe 16 onces, comme celle de Paris.

La livre de Milan, Naples & Veniſe peſe 9 onces.

La livre de Meſſine & de Gennes peſe 9 onces 3 quarts.

La livre de Florence, Ligourne, Piſe, Sarragoſſe, Valence peſe 10 onces.

La livre de Turin & de Modéne peſe 10 onces & demie.

La livre de Londres, Anvers & Flandre peſe 14 onces.

La livre de Baſle, Berne, Francfort, Nuremberg peſe 16 onces & 14 grains.

Celle de Genéve, 17 onces.

Conſtruction d'une Mouſle.

L'Inſtrument marqué F eſt une Mouſle double. Elle eſt compoſée de deux chapes, dont chacune porte huit poulies creuſées dans l'épaiſſeur d'un petit canal pour recevoir la corde & l'empêcher de ſe détourner. Elle eſt attachée par un bout à la chape ſupérieure; & après avoir fait le contour de toutes les poulies, l'autre bout de la corde ſe joint à la puiſſance repréſentée par une main. Quatre de ces poulies ſont portées par un même eſſieu, & quatre par un autre, auſſi-bien dans la chape ſupérieure que dans l'inférieure. Au-deſſus de la chape d'en-haut il y a un anneau pour attacher la machine en un lieu fixe, & au-deſſous de la chape d'en-bas il y a un autre anneau pour attacher le poids. Fig. F.

L'uſage de cette machine eſt pour élever ou attirer à ſoi de gros fardeaux, en multipliant la force de la puiſſance, laquelle augmente dans la raiſon de l'unité au nombre double des poulies d'en-bas: de ſorte que dans cet inſtrument, où la mouſle d'en-bas contient huit poulies, ſi le poids marqué 4 peſe 16 livres, il ne faudra à peu près qu'une livre de force à la

puiſſance pour faire équilibre. Je dis à peu près, parce qu'il en faut un peu plus à cauſe du frotement de la corde & des eſſieux. Les poulies de la chape d'en-haut ne contribuent point à augmenter la force, mais ſeulement à faciliter le mouvement en évitant le frotement des cordes, parce qu'étant comme des leviers de la premiere eſpéce, dont le point fixe eſt au milieu, la puiſſance eſt égale au poids; mais les poulies de la mouſle d'en-bas ſont comme des leviers de la ſeconde eſpéce, dont le point fixe eſt à un des bouts: car leur diamétre eſt comme appuyé ſur un bout & levé de l'autre; ce qui fait que chacune de ces poulies double la force parce que la diſtance de la puiſſance eſt double de celle du poids.

Conſtruction de la canne à vent.

CEtte machine repréſente une canne à vent, ou même une arquebuſe; dont la différence eſt peu de choſe pour la conſtruction. Elle a environ 3 pieds de long ſur 12 ou 15 lignes de groſſeur. Le tuyau 4 eſt fait de laiton bien rond & bien ſoudé, de 4 à 6 lignes de diamétre. Il eſt bouché du côté oppoſé à l'ouverture. Le creux du tuyau eſt ce que l'on nomme l'ame du canon; l'endroit marqué 1 eſt un autre tuyau auſſi de laiton tellement diſpoſé autour du premier, qu'il demeure un eſpace marqué 4, dans lequel l'air peut être enfermé. Ces deux tuyaux doivent être unis enſemble par une plaque circulaire attachée au bout & exactement ſoudée à l'un & à l'autre, pour que l'air n'en puiſſe ſortir. La piéce marquée 8 eſt une ſou-pape qui bouche une ouverture qui ſe peut faire du dehors en dedans, c'eſt-à-dire, qui permet à l'air de paſſer de 2 vers 1, mais non pas de retourner de 1 vers 2. Il y a encore deux ouvertures au tuyau intérieur environ vers le bout, qui reſſemble à la culaſſe d'un canon ordinaire; l'une eſt marquée 6, par où l'air pourroit échaper de la cavité 4 dans l'ame du canon, s'il n'en étoit empêché par une ſou-pape à reſſort, qui ne ſe peut ouvrir que de dehors en dedans, & que l'air preſſe d'autant plus contre le trou, qu'il fait plus d'effort pour ſortir. L'autre ouverture eſt marquée 5, par laquelle il y a communication du dehors de toute la machine au dedans du canon intérieur, de telle ſorte cependant que l'air que l'on a renfermé dans la cavité 4, ne peut ſortir par l'ouverture 5, en étant empêché par le moyen d'un petit bout de tuyau qui eſt ſoudé aux deux tuyaux 1 & 4. Enfin le tuyau 2 repréſente le corps d'une ſeringue par laquelle on introduit le plus d'air qu'on peut dans l'eſpace 4; après quoi ayant fait couler une balle près le petit tuyau 5 dans l'ame à l'endroit marqué 8, la canne ou arquebuſe ſe trouve toute chargée.

Fig. G.

Pour la décharger il ne faut qu'enfoncer dans le petit tuyau 5 une petite cheville ou poinçon rond qui rempliſſe le trou par lequel on pouſſe la ſou-pape à reſſort qui eſt à l'ouverture marquée 6: car alors l'air qui étoit preſſé dans la cavité 4 ſe dilate, & ſortant par l'ouverture marquée 5 dans l'ame du canon, pouſſe la balle au dehors avec impétuoſité & d'une ſi grande force, qu'elle perce une planche d'une moyenne épaiſſeur.

Le piſton marqué 9 eſt à peu près ſemblable à celui d'une ſeringue. L'étrier marqué 12, qui eſt au bout, eſt fait pour paſſer le pied dedans, afin de pomper l'air plus facilement. Il faut avoir grand ſoin que le corps de la ſeringue ſoit bien juſte & bien rond, afin que l'air ne s'en retourne pas.

Il eſt auſſi néceſſaire que le piſton rempliſſe très-juſte le corps de pompe, & qu'il y ait deux petits trous, afin qu'en tirant l'étrier en dehors, l'air preſſé faſſe lever une petite plaque de cuir qui eſt attachée au bout dudit piſton, pour le laiſſer paſſer entre le piſton & la ſou-pape; enſuite repouſſant le piſton en dedans, l'air ſe trouvant encore preſſé, fait lever la petite ſou-pape qui bouche le trou de communication, & par ce moyen l'air paſſe dans la capacité 4 & n'en peut ſortir ſans faire ſon effet.

La canne ſe démonte en deux à l'endroit marqué 7 par le moyen d'une groſſe vis creuſe.

La figure 10, qui eſt à part, repréſente la petite ſou-pape qui bouche le trou de communication. Il y a une eſpéce de vis en tire-boure, afin que par ſon reſſort elle puiſſe ſe relever & ſe rebaiſſer ſuivant que l'air la fait agir.

La petite figure 11 repréſente le reſſort en ſou-pape. On le met en dedans du canon quand la canne eſt démontée. Il ſert à boucher le trou qui eſt à l'ame du canon. Il faut ſur tout qu'il ſoit ſi bien ajuſté, que l'air ne s'échape point du tout. On attache audit reſſort à l'endroit qui bouche le trou, un morceau de cuir de Hongrie, afin que ce trou ſoit bien bouché. On démonte auſſi l'étrier qui eſt au bout du piſton pour mettre une pomme de canne ordinaire à ſa place.

Conſtruction de l'Eolipile.

CEt Inſtrument eſt fait de laiton battu & rétraint en forme de boule ou poire creuſe. On ſoude une eſpéce de tuyau en forme de goulet, qui eſt percé d'un très-petit trou par le bout. Le vaſe n'eſt d'abord rempli que d'air que l'on fait rarefier en l'approchant du feu, afin qu'il en échape une bonne partie par ſa petite ouverture, enſuite on plonge l'Eolipile dans de l'eau froide qui fait condenſer l'air contenu dans l'inſtrument, & donne paſſage à l'eau qui entre par la petite ouverture & remplit le vuide. Fig. H.

Ayant ainſi rempli en partie d'eau cette Eolipile environ le tiers de ſa capacité, ſi on la poſe ſur des charbons ardens dans la ſituation ſemblable à celle que vous voyez dans la figure, l'eau qui eſt dans la partie baſſe venant à s'échauffer, ſe dilatera petit à petit & s'élevera peu à peu en vapeurs, qui volant dans l'eſpace d'en-haut où il n'y a que de l'air, ſe chaſſent les unes les autres pour ſortir en foule par la petite ouverture, en ſorte que celles qui ſont auprès du trou ſortent par-là avec beaucoup de viteſſe. Ces vapeurs entraînant l'air avec elles, produiſent un vent & un ſifflement violent qui ſouffle le feu & qui continue juſqu'à ce que toute l'eau ſoit évaporée ou que la chaleur ſoit tout-à-fait éteinte; & ce vent a toutes les propriétés qu'on remarque dans ceux que nous ſentons au-deſſus de la ſurface de la terre.

Conſtruction du Microſcope à liqueur.

L'Inſtrument marqué I eſt un Microſcope pour voir les plus petits objets & les petits animaux qui ſont dans les liqueurs. Il eſt compoſé de deux plaques de cuivre ou d'autre métal, longues d'environ 3 pouces ſur 8 lignes de large. Elles ſont attachées enſemble par les deux bouts avec deux vis marquées 2, qui ſervent à éloigner ou approcher les deux plaques tant Figure I.

& ſi peu qu'il eſt néceſſaire pour laiſſer tourner une roue qui porte ſix ouvertures rondes, dans leſquelles il y a de petits verres plats pour mettre les différens objets marqués 3, 4, 5, &c. Du côté de l'œil il y a une piéce de cuivre marquée 1. Elle eſt concave comme une petite coquille ronde dont le trou, qui eſt au milieu, aboutit à une couliſſe qui porte une très-petite lentille ou boule de verre. Cette boule doit être bien ronde ou fort convéxe & bien polie, afin de diſtinguer les objets. Le bout d'en-bas de la machine eſt limé en façon de manche pour la tenir à la main.

L'uſage de cet inſtrument eſt aſſez facile. Si les objets qu'on veut voir ſont tranſparens ſans être liquides, tels que ſont les pieds d'une puce, d'une mouche, leurs aîles, les mittes de fromage ou autres petits animaux, comme auſſi les cheveux, leurs racines, &c. on mettra ces objets du côté de l'œil ſur les verres plats qui ſont joints à la roue, en les faiſant tenir par leurs extrémités avec un peu d'eau gommée. Et pour voir les petits animaux qui ſont dans l'urine gardée, dans le vinaigre, dans l'eau en laquelle on aura fait infuſer des grains de poivre, de la coriandre, de la paille, du foin & preſque de toutes ſortes de légumes ou herbages, il en faut prendre une petite goute avec le bout d'un petit tuyau de verre & l'étendre ſur leſdits verres; il faut enſuite tourner la roue & la hauſſer ou baiſſer par le moyen des vis marquées 2 & du reſſort qui eſt entre les deux plaques, qui ſert à maintenir ladite roue dans la ſituation qu'on veut qu'elle ait, & de telle ſorte que les petits objets ou la goute de liqueur ſoient directement au-deſſous de la petite boule de verre. Les choſes étant ainſi diſpoſées, prenez à la main le manche du Microſcope, & ayant appliqué l'œil dans la coquille marquée 1 vis-à-vis de la petite boule de verre, regardez fixément l'objet au grand jour ou la nuit à la lumiére d'une bougie; tournez en même tems & peu à peu la vis du bout pour approcher ou éloigner l'objet plus ou moins de la boule de verre, juſqu'à ce que vous ayez trouvé le point de vûe dans lequel le petit objet tranſparent, ou les animaux qui nagent dans la goute de liqueur paroiſſent très-grands & très-diſtinctement; alors vous remarquerez des choſes très-ſinguliéres par la diverſité de tant d'animaux de différentes figures.

Il faut avoir bien ſoin d'eſſuier la petite boule ou lentille de verre; afin qu'elle ſoit toujours bien claire.

Conſtruction d'un autre Microſcope à liqueur & à autres petits objets.

JE fais des Microſcopes à liqueur de différentes façons: celui marqué K me paroît le plus commode, il eſt compoſé d'une plaque de cuivre d'environ 3 à 4 pouces de hauteur ſur un & demi de largeur, taillée en maniére de parallélogramme, au bout de laquelle eſt un manche pour le tenir: l'endroit marqué 1 eſt une petite couliſſe percée au milieu au trou de laquelle on place une lentille enfermée dans un petit chaſſis; on peut en mettre de différens foyers ſuivant les différens objets qu'on veut obſerver. Il eſt bon de ſçavoir que le foyer d'un verre eſt ſa diſtance juſqu'à l'objet, & que les lentilles dont on ſe ſert pour ces ſortes de Microſcopes, ſont depuis demi-ligne juſqu'à quatre lignes de foyer. Fig. K.

Au derriere de ladite plaque à l'endroit marqué 2, eſt attachée une petite branche de cuivre ou d'acier quarrée portant une autre plaque

qui coule au long de ladite branche par le moyen d'une petite boëte, d'un reſſort & d'une vis que fait tourner une roue à dents, qui ſert à éloigner ou approcher parallélement, comme on veut, ladite plaque de celle qui porte la lentille. Vers le haut de la ſeconde plaque qui eſt percée d'un trou aſſez grand, eſt auſſi une couliſſe où l'on place de petits verres plats, ſur leſquels on a fait des petits ronds concaves pour y mettre les liqueurs, de maniére qu'elles ne ſoient point emportées par la proximité de l'autre plaque. On peut ajuſter dans cette couliſſe différentes piéces pour différens objets. Il faut obſerver ſeulement que tous ces objets répondent au centre de la lentille. De l'autre côté de ladite plaque eſt ajuſté un petit tuyau marqué 3 de cuivre, de bois ou de chagrin d'environ un pouce de diamétre, & d'un ou deux de longueur, percé par les deux extrémités, mais dont il faut que le centre réponde auſſi très-juſte au centre des lentilles : on a remarqué qu'avec un pareil tuyau, ces Microſcopes avoient bien plus d'effet dans les objets tranſparens. On y remarque aſſez diſtinctement la circulation du ſang dans la queue des plus petits poiſſons.

L'uſage de cet inſtrument eſt très-facile : ayant placé l'objet vis-à-vis le centre de la lentille, il n'y a qu'à mettre l'œil vis-à-vis ladite lentille au grand jour, ou vis-à-vis la lumiere d'une bougie & approcher ou reculer l'objet par le moyen de la vis, juſqu'à ce qu'on voye l'objet diſtinctement. Alors on y remarquera des choſes très-curieuſes & qui feront plaiſir.

Conſtruction d'un Microſcope à un verre.

Le petit Inſtrument marqué L eſt un microſcope aſſez commode. Il eſt compoſé d'une branche de laiton ou autre métal qui a un mouvement vers le haut pour la mettre dans la ſituation que la figure le montre. Il y a Fig. L.
au bout une piéce marquée 1 qui porte une petite lentille de verre fort convéxe qui groſſit beaucoup l'objet. Elle ſe monte à vis dans une petite boëte percée au fond. La piéce marquée 4, ſont deux reſſorts attachés enſemble par le milieu avec un clou rond pour leur donner le mouvement qu'on ſouhaite. Dans un des reſſorts on enfile la branche qui porte la lentille, & dans l'autre on enfile une petite branche qui porte par un de ſes bouts une piéce marquée 2, qui eſt blanche d'un côté & noire de l'autre, pour mettre les différens objets. L'autre bout marqué 3 eſt une petite pince qui s'ouvre en preſſant les deux petits boutons. Elle ſert à tenir les petits animaux & autres objets. Le pied marqué 5 a environ un pouce & demi de diamétre. La branche s'y met à vis, afin de démonter l'inſtrument, pour qu'il ne tienne guére de place.

L'uſage en eſt fort facile. On place les objets ſur la petite piéce ronde ou au bout de la petite pince, & on les approche de la lentille en faiſant couler le reſſort au long de la branche, juſqu'à ce que l'on voye l'objet très-diſtinctement. Alors on y remarquera des choſes qui feront plaiſir.

On voit auſſi avec ce Microſcope les animaux qui ſont dans les liqueurs, en mettant un verre plat à la place de la petite piéce ronde marquée 2 qui ſe démonte à vis.

Conſtruction d'un Microſcope à trois verres.

CEt Inſtrument eſt compoſé de trois verres; ſçavoir, du verre oculaire marqué 3, du verre du milieu 4 & de la lentille ou verre objectif marqué 5. Il y a un couvercle pardeſſus pour garantir de la pouſſiére le verre oculaire. Ces trois verres ſont enchaſſés dans les cercles de bois & à vis pour les maintenir en leur place & pour les démonter facilement, afin de les nétoyer ſans peine.

Fig. M.

L'oculaire & le verre du milieu ſont ajuſtés aux extrémités d'un tuyau de vélin qui entre juſte dans le tuyau extérieur, afin d'allonger le Microſcope & le mettre à ſon juſte point ſuivant une ligne qui eſt tracée autour dudit tuyau. Pour que cet inſtrument ſoit d'une grandeur raiſonnable il faut que le verre oculaire ſoit d'environ vingt lignes de foyer, & le verre du milieu d'environ trois pouces de foyer, & placés à environ trois pouces trois lignes l'un de l'autre.

La lentille eſt placée au bout d'un cul-de-lampe de bois qui eſt collé à l'extrémité du tuyau extérieur. Ladite lentille eſt enfermée dans une petite boëte percée au fond d'un petit trou, & qui ſe démonte à vis, afin de changer de lentille & en mettre de différent foyer. Il y en a ordinairement de 2, 3, 4 & 5 lignes de foyer & qui ſont plus ou moins convéxes. La bonté de ces verres dépend d'avoir des baſſins de cuivre concaves tournés d'une juſte proportion aux verres qu'on veut travailler, comme auſſi du mouvement de la main, de la bonté de la matiére que vous employez pour les conſtruire, & ſur tout de les bien polir: on ſe ſert d'abord de grais pour les dégroſſir dans les baſſins, enſuite de ſable fin pour les adoucir, & puis de tripoli bien doux pour les polir. Je ne m'arrêterai pas davantage ici à la conſtruction de ces verres, j'en parlerai encore en différens endroits de cet ouvrage, principalement dans le 9me Livre.

Le pied marqué 1, qui doit être un peu peſant à cauſe qu'il porte le Microſcope en l'air, eſt fait de cuivre de 4 à 5 pouces de diamétre. Il y a au milieu un creux dans lequel on met une petite piéce qui eſt blanche d'un côté & noire de l'autre: on met les objets noirs ſur le côté blanc, & les blancs ſur le côté noir.

La branche eſt attachée au bord du pied, elle eſt de cuivre rond, au long de laquelle le Microſcope ſe peut hauſſer, baiſſer & tourner par le moyen du ſupport fait en double équerre marqué 2. Il y a un cercle qui eſt fortement attaché à la double équerre, & qui embraſſe bien juſte le tuyau extérieur. Il y a auſſi un reſſort d'acier qui appuie contre la branche, & fait tenir l'inſtrument à la hauteur & dans la ſituation qu'on a beſoin.

La piéce marquée 6 eſt un petit chaſſis de cuivre qui porte un morceau de glace ou de verre blanc pour mettre deſſus les objets tranſparens. Il coule auſſi au long de la branche au-deſſous du Microſcope, & eſt porté de même par une double équerre.

Enfin la piéce marquée 7 eſt un verre convéxe, qui raſſemble dans un petit eſpace les rayons de lumiere qu'il reçoit la nuit d'une bougie allumée & qui la réfléchit vivement ſous l'objet tranſparent qui eſt ſur la glace & le fait voir bien plus diſtinctement. Ce verre eſt enchaſſé dans un cercle de cuivre, il ſe hauſſe, ſe baiſſe, s'allonge & ſe racourcit par le moyen d'un petit bras qui le porte, comme la figure le montre.

Uſage

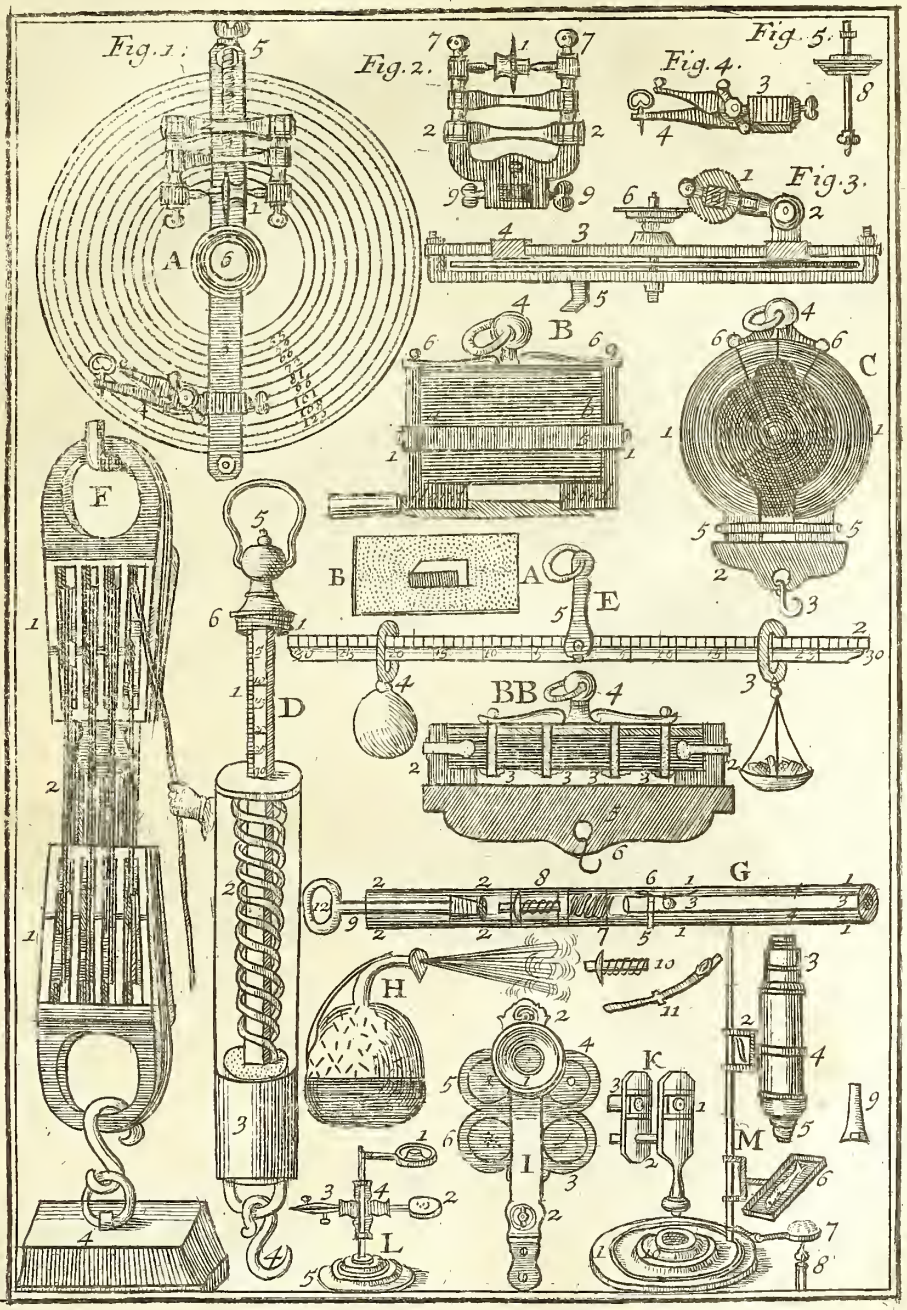


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
L
M
BB

Uſage de ce Microſcope.

POur s'en ſervir, par exemple, à voir la circulation du ſang de quelqu'animal, on met un très-petit poiſſon vivant ſur la glace de maniére qu'une partie des nageoires de la queue ſoit juſte vis-à-vis du verre objectif & au-deſſus du rayon du verre convéxe au grand jour, ou à la lumiére de la bougie la nuit; alors plaçant le Microſcope juſte à ſon point, vous verrez le ſang monter, deſcendre ou circuler comme des petits canaux. Les poiſſons les plus propres pour faire cette expérience ſont les queues des petites tanches, de la lamproie & des petites grenouilles, parce qu'elles ſont plus tranſparentes, & que l'animal vit plus long-tems hors de l'eau.

La petite piéce marquée 9 eſt un petit canal de plomb qu'il faut mettre ſur le poiſſon, pour l'empêcher de ſauter hors de ſa place & de retirer ſa queue du petit eſpace éclairé: on peut auſſi le lier avec deux fils par les extrémités du corps.

Par ce Microſcope on peut auſſi fort bien examiner les liqueurs; car ſi vous mettez une petite goute de vinaigre ſur le verre juſtement dans le milieu de l'eſpace éclairé, vous verrez très-diſtinctement les petits animaux qui y ſont. Il en ſera de même de l'eau (où l'on aura fait infuſer du poivre, de l'orge, &c.) comme auſſi des vers & des autres petits inſectes qui ſont dans l'eau croupie.

Le ſang, dont on veut obſerver ce qu'il contient de viſible, ſe peut connoître en y en mettant une très-petite quantité & tout chaud vis-à-vis le rayon de lumiere. Alors on y remarquera très-bien la férosité & les petites boules qui paroiſſent d'une couleur rougeâtre.

Il ſera facile d'avoir du ſang ſur le champ. En ſe ſerrant le pouce avec un cordon & ſe piquant avec une épingle, on en aura ſuffiſamment.

Les liqueurs ſe mettent ſur la glace avec un petit bout de tuyau de verre que l'on trempe dans la liqueur que l'on fait deſcendre ſur la glace, ſoit en ſoufflant doucement dans le tuyau ou en preſſant du pouce par le haut; car l'air preſſé dans le tuyau preſſe de même la liqueur qui eſt contrainte d'en ſortir.

Pour retirer beaucoup d'animaux dans une petite quantité de liqueur il faut mettre cette liqueur dans une petite bouteille fort étroite par en-haut & l'entretenir toujours pleine; par ce moyen les animaux qui montent en-haut pour y reſpirer, ſeront pompés avec le petit tuyau en plus grande quantité que ſi le vaiſſeau qui les contient étoit plus large en-haut.

Les yeux de mouche, les fourmis, les poux, les puces & les mittes de fromage ſe mettent au milieu du piéd du Microſcope, auſſi-bien que le ſable, les ſels & toute autre poudre, pour examiner leurs couleurs & leurs qualités, en obſervant toujours de mettre ſur le côté blanc les objets noirs, & ſur le côté noir les objets blancs.

On ſuppoſe ici que les verres de ce Microſcope ſont bien travaillés & bien placés en leurs foyers. Il eſt bon auſſi de ſçavoir que l'image de l'objet & ſa grandeur ſeront d'autant plus conſidérables, que la lentille ſera d'un plus court foyer: mais il ne ſera pas tout-à-fait ſi net.

Fin du troiſiéme Livre.

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DES INSTRUMENS DE MATHÉMATIQUE

Qui servent à travailler à la campagne, pour arpenter les terres, lever les Plans, mesurer les distances & prendre les hauteurs. Les plus usités sont les piquets, les cordeaux, la toise, la chaîne, les équerres d'Arpenteur, les récipiangles ou mesurangles, les planchettes, le quart de cercle, le demi-cercle & la boussole.

LIVRE QUATRIÉME.

CHAPITRE PREMIER.

Contenant la description & les usages des Piquets, des Cordeaux, de la Toise & de la Chaîne.

IX. Planche. Fig. A.

LEs Piquets sont de petits morceaux des bois de cormier de deux à trois piéds de long, arrondis & pointus par un bout, que l'on garnit de fer, pour être plus facilement enfoncés en terre. On en fait quelques-uns de plus longs, afin d'être vûs de loin, comme on les voit représentés dans la planche onziéme.

Fig. B. Les Cordeaux doivent être de bonne ficelle bien torse & d'une grosseur

convenable pour ne pas s'allonger facilement, telle que la figure B le marque.

La toise est une mesure de six piéds de long d'un bâton rond tout d'une piéce, divisé en ses pieds qui sont marqués par de petits anneaux ou de petits clous de cuivre. Le dernier piéd se divise en douze pouces, qui se distinguent aussi par de petits clous. Fig. C.

Il y a des toises qui sont brisées & qui se montent à vis en 2, 3, ou 4 piéces par le moyen de viroles & de vis de cuivre qui sont attachées à chaque bout; on met aussi aux deux bouts des toises une virole de cuivre & un bout d'acier pour les conserver dans leur longueur. Fig. D.

La chaîne est composée de plusieurs piéces de gros fil de fer ou de laiton, recourbées par les deux bouts. Chacune de ces piéces a un piéd de long y compris les petits anneaux qui les joignent ensemble. Fig. E.

Les chaînes se font ordinairement de la longueur de la perche du lieu où l'on veut s'en servir, ou bien de quatre à cinq toises de long, & même plus longues si l'on a de grandes stations à mesurer, comme de 8 ou 10 toises. Ces nombres sont plus aisés à additioner. On les distingue quelquefois par un plus grand anneau de toise en toise. Ces sortes de chaînes sont fort commodes, en ce qu'elles ne se nouent point comme celles qui sont faites de petites mailles de fer.

En 1668 on a placé un nouvel étalon de la toise fort juste au bas de l'escalier du Grand-Châtelet de Paris, pour y avoir recours en cas de besoin.

Nous avons dit que la toise en longueur contient six piéds, & chaque piéd douze pouces.

La toise quarrée contient 36 piéds quarrés, parce qu'on multiplie 6 par 6; le piéd quarré contient 144 pouces quarrés, parce qu'on multiplie 12 par 12, le pouce quarré contient 144 lignes quarrées, parce qu'on multiplie aussi 12 par 12.

La toise cube contient 216 piéds cubes, parce qu'on multiplie 36 par 6; le piéd cube contient 1728 pouces cubes, parce qu'on multiplie 144 par 12; le pouce cube contient de même 1728 lignes cubes, parce qu'on multiplie aussi 144 par 12. C'est ainsi qu'on trouve le solide d'un corps dont la baze est connue.

La perche n'a point de longueur déterminée.

Celle de la Prévôté de Paris a trois toises ou dix-huit piéds. En d'autres pays elle a 20, 22 & 24 piéds.

La perche dont on se sert en France pour arpenter les Eaux & Forêts suivant les derniers Réglemens a 22 piéds de longueur & par conséquent la perche quarrée contient 484 piéds quarrés.

L'arpent est une mesure quarrée dont on se sert pour la vente des terres & des bois.

L'arpent des environs de Paris contient 100 perches quarrées ou 300 toises, & chaque côté est par conséquent de 10 perches ou 30 toises.

La lieue est un espace de terre dont on se sert pour mesurer les chemins. Sa mesure n'est pas déterminée, étant différente selon les différens pays.

On compte depuis la porte de Paris près le Grand-Châtelet jusqu'à la porte de l'Eglise de saint Denis deux lieues, dont chacune est de deux mille deux cens toises.

Meſſieurs de l'Académie des Sciences en travaillant à la meſure de la terre ont obſervé qu'un dégré de Méridien terreſtre contient 57060 toiſes, & donnant 25 lieues au dégré chaque lieue contiendra 2282 toiſes.

La lieue Marine eſt un peu plus grande, puiſqu'on n'en compte que 20 au dégré; c'eſt pourquoi elle contient près de 3000 toiſes.

Les Italiens comptent par milles, dont chacun contient mille pas géométriques.

Le pas géométrique eſt de cinq piéds antiques, dont le palme eſt les trois quarts du piéd ancien Romain, qu'on peut eſtimer environ 11 de nos pouces. Et par conſéquent le mille d'Italie à Rome contient 769 de nos toiſes, à très-peu de choſe près.

Les Allemans comptent auſſi par milles, mais ils ſont bien plus grands que ceux d'Italie; ils contiennent 3626 toiſes.

On compte par lieues en Eſpagne, qui contiennent 2863 toiſes & reviennent juſtement à vingt lieues par dégré terreſtre.

Il en eſt de même en Angleterre & en Hollande.

USAGE PREMIER.

Par deux points donnés ſur la terre tracer une ligne droite & la prolonger tant qu'il eſt beſoin.

PLantez un piquet ſur chaque point donné, & ayant tendu un cordeau d'un piquet à l'autre, faites tracer un ſillon le long dudit cordeau; faites en ſorte qu'ils ſoient bien à plomb ſur le terrein, & qu'en les bornayant ou les regardant le premier cache l'autre à l'œil.

C'eſt de la même maniére que l'on peut prolonger une ligne droite ſur la terre; car ayant planté deux piquets, on en peut planter tant d'autres qu'on voudra dans le même alignement, en bornayant comme nous venons de dire; mais il faut qu'il y ait toujours deux piquets bien plantés pour ſervir à aligner le troiſiéme.

USAGE II.

Meſurer une ligne droite ſur la terre.

LOrſqu'on a une longue ligne à meſurer ſur le terrein, il faut uſer de précaution pour ne ſe pas tromper & n'être pas obligé de recommencer. Pour ce faire, il faut deux hommes portant chacun une toiſe; le premier ayant étendu ſa toiſe ſur le terrein ne la doit pas lever que le ſecond n'ait poſé la ſienne au bout de la premiére. Le premier homme ayant relevé ſa toiſe comptera tout haut, une; & quand il l'aura remiſe au bout de la ſeconde, le ſecond homme relévera la ſienne & comptera, deux, en continuant ainſi de ſuite juſqu'au bout: & afin de bien poſer les toiſes en ligne droite, il faut toujours avoir devant les yeux deux piquets pour les bornayer; car s'il n'y en avoit qu'un, les Toiſeurs iroient tout de travers & ne feroient rien de juſte.

Pour abréger le tems & la peine, on doit avoir une chaîne, laquelle eſt ſouvent compoſée de 30 pieds ou 5 toiſes avec un anneau à chaque bout. Celui des deux hommes qui va devant porte auſſi pluſieurs piquets. Lorſque la chaîne eſt bien étendue en ligne droite, bien allignée & de niveau, il poſe un piquet au bout des 5 toiſes, afin que celui qui va derriére puiſſe connoître où la chaîne a fini; car toute l'adreſſe conſiſte à bien compter & meſurer juſte.

USAGE III.

Sur une ligne droite & d'un point donné en icelle élever une perpendiculaire.

SOit la ligne donnée A B & le point donné C.

Plantez un piquet au point C, & deux autres comme E, D, ſur la même ligne en diſtance égale dudit point C; ayez un cordeau dont chaque bout ſoit noüé de telle maniére qu'il y ait un petit anneau où l'on puiſſe faire entrer le haut des piquets; pliez ce cordeau en deux également & faites une marque au milieu, paſſez enfin les anneaux qui ſont à chaque bout du cordeau autour des piquets E & D; & tenant en main le milieu dudit cordeau tendu également, plantez en terre un piquet comme F, alors la ligne F C ſera perpendiculaire ſur A B. XI. *Planche.* Fig. 1.

Autrement: du point donné C meſurez ſur la ligne A B de quel côté vous voudrez 4 piéds ou 4 toiſes & plantez-y le piquet G. Ayez un cordeau qui contienne 8 pareilles meſures, c'eſt-à-dire, des piéds ou des toiſes. Mettez un des anneaux du cordeau autour du piquet C, & l'autre anneau autour du piquet G; puis ayant tendu un cordeau en ſorte que trois de ces parties ſoient du côté du point C, & les cinq autres du côté de G, plantez le piquet H, alors la ligne C H ſera perpendiculaire ſur A B. Fig. 2.

USAGE IV.

D'un point donné hors la ligne tirer une perpendiculaire.

SOit la ligne donnée A B & le point F donné hors la ligne.

Pliez le cordeau en deux parties égales, arrêtez le milieu au piquet F; étendez les deux moitiés que je ſuppoſe aſſez grandes pour que les bouts puiſſent atteindre la ligne A B; plantez deux piquets, ſçavoir un à chaque bout du cordeau & diviſez leur diſtance en deux également, ce qui ſe peut faire par le moyen d'un cordeau auſſi long que la diſtance A B, que l'on pliera en deux, plantez le piquet C au milieu, & la ligne C F ſera perpendiculaire ſur A B. Fig. 3.

USAGE V.

D'une distance donnée tracer une ligne parallele à une donnée.

Fig. 4. SOit la ligne donnée A B, à laquelle on propose de tracer une parallele distante de quatre toises.

Tracez par l'usage troisiéme deux perpendiculaires de quatre toises chacune, sur les deux points A & B plantez un piquet à chacune de leurs extrémités C & D, & par ces deux piquets en traçant la droite C D, elle sera parallele à A B.

USAGE VI.

D'un point donné sur le bout d'une ligne tracer sur le terrein un angle semblable à celui d'un plan proposé.

Fig. 5. SOit A B C l'angle d'un plan proposé, auquel on en veut faire un semblable sur le terrein.

Du point B, comme centre, décrivez sur le papier l'arc A C & tirez la droite A C, qui sera sou-tendante dudit arc. Mesurez sur une échelle ou sur la ligne des parties égales d'un compas de proportion une des jambes égales dudit angle A B ou B C. Mesurez aussi sur la même échelle la sou-tendante A C, laquelle je suppose, par exemple, contenir trente-six parties égales à celle dont la jambe A B en contient trente.

Soit sur la terre une ligne droite comme B C, sur laquelle il faut tracer une autre ligne F B, qui fasse un angle semblable au proposé. Plantez un piquet au point B, & ayant mesuré trente pieds ou cinq toises le long de la ligne B C, plantez-y un autre piquet, comme D; ayez deux cordeaux, l'un de trente pieds de long que vous attacherez par un anneau au piquet B, & l'autre de trente-six pieds, que vous attacherez aussi par un anneau au piquet D. Tendez ces deux cordeaux jusqu'à ce qu'ils se joignent par leurs extrémités au point F, où vous planterez encore un piquet, d'où vous tracerez la ligne F B, laquelle formera au point B l'angle semblable au proposé avec la ligne B C; & ainsi de l'autre.

USAGE VII.

Désigner sur le papier un angle semblable à celui que font deux lignes sur la terre.

Fig. 5. CEtte proposition est la converse de la précédente.

Soit proposé sur la terre l'angle F B C, formé par les deux côtés d'une terre labourable, auquel on veut en faire un semblable sur le papier. Mesurez de B vers C trente pieds ou cinq toises, & plantez un piquet D au bout; mesurez de B vers F trente pieds & plantez-y un autre piquet; mesurez aussi la ligne droite qui fait la distance des deux piquets

F D, que je ſuppoſerai de trente-ſix piéds, comme en l'exemple de l'uſage précédent.

Soit ſur le papier la ligne B C. Du point B comme centre & d'une ouverture de trente parties égales priſes ſur une échelle décrivez l'arc A C; prenez avec le compas ſur la même échelle trente-ſix parties égales, portez cette ouverture ſur l'arc A C en poſant une des pointes du compas ſur le point C. L'autre jambe marquera ſur ledit arc le point par lequel ſe doit tirer la ligne A B.

Si de plus on veut ſçavoir la valeur dudit angle, on connoîtra par le moyen du Rapporteur qu'il eſt un peu moins de ſoixante & quatorze dégrés.

On pourra connoître plus préciſément en dégrés & minutes la valeur des angles dont on aura meſuré les baſes ou ſou-tendantes par la table ſuivante. Elle eſt calculée pour des angles toujours compris par deux côtés égaux de trente piéds chacun.

L'uſage de cette table eſt très-facile pour connoître la grandeur de tous les angles plans ſur le terrein.

Meſurez trente pieds ſur chacune des lignes qui forment l'angle, & plantez un piquet ſur chaque ligne où finiſſent les trente pieds; meſurez enſuite la baſe de l'angle qui eſt la ligne droite étendue entre les deux piquets, que je ſuppoſe être de trente-ſix pieds comme en l'exemple précédent, cherchez dans ladite table en la colonne des baſes trente-ſix pieds, & vous trouverez vis-à-vis en la colonne des angles ſoixante & treize dégrés quarante-quatre minutes pour la valeur dudit angle.

TABLE DES ANGLES PLANS

toujours compris par deux côtés de trente piéds.

Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.
2	0	19	2	6	3	2	11	48	2	17	34	2	23	24
4	0	38	4	6	22	4	12	8	4	17	54	4	23	44
6	0	57	6	6	41	6	12	27	6	18	13	6	24	3
8	1	8	8	7	0	8	12	46	8	18	32	8	24	23
10	1	36	10	7	20	10	13	5	10	18	52	10	24	42
1	1	55	4	7	39	7	13	24	10	19	11	13	25	1
2	2	14	2	7	58	2	13	43	2	19	30	2	25	21
4	2	33	4	8	17	4	14	2	4	19	50	4	25	41
6	2	52	6	8	36	6	14	22	6	20	19	6	26	1
8	3	11	8	8	55	8	14	41	8	20	29	8	26	20
10	3	30	10	9	14	10	15	0	10	20	48	10	26	40
2	3	49	5	9	34	8	15	20	11	21	8	14	26	53
2	4	8	2	9	53	2	15	39	2	21	27	2	27	18
4	4	28	4	10	12	4	15	58	4	21	46	4	27	38
6	4	47	6	10	31	6	16	18	6	22	6	6	27	58
8	5	6	8	10	50	8	16	37	8	22	25	8	28	18
10	5	25	10	11	9	10	16	56	10	22	45	10	28	38
3	5	44	6	11	29	9	17	15	12	23	6	15	28	57
B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.	
2	29	17	2	35	15	2	41	19	2	47	30	2	53	51
4	29	37	4	35	35	4	41	40	4	47	51	4	54	12
6	29	56	6	35	55	6	42	0	6	48	12	6	54	34
8	30	16	8	36	15	8	42	20	8	48	33	8	54	55
10	30	36	10	36	35	10	42	40	10	48	54	10	55	16
16	30	56	19	36	55	22	43	1	25	49	15	28	55	38
2	31	16	2	37	15	2	43	22	2	49	36	2	56	0
4	31	36	4	37	36	4	43	42	4	49	57	4	56	22
6	31	56	6	37	56	6	44	3	6	50	18	6	56	43
8	32	16	8	38	16	8	44	24	8	50	39	8	57	5
10	32	35	10	38	36	10	44	44	10	50	0	10	57	26
17	32	55	20	38	56	23	45	5	26	51	21	29	57	48
2	33	15	2	39	17	2	45	26	2	51	42	2	58	10
4	33	35	4	39	38	4	45	46	4	51	3	4	58	32
6	33	55	6	39	58	6	46	7	6	52	24	6	58	54
8	34	15	8	40	18	8	46	28	8	52	46	8	59	16
10	34	35	10	40	38	10	46	48	10	53	8	10	59	38
18	34	55	21	40	59	24	47	9	27	53	29	30	60	0

TABLE DES ANGLES PLANS
toujours compris par deux côtés de trente piéds.

Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.	Bases.	Angles. D.	M.
2	60	22	2	67	7	2	75	8	2	81	30	2	89	18
4	60	44	4	67	30	4	74	32	4	81	55	4	89	45
6	61	6	6	67	53	6	74	56	6	82	20	6	90	12
8	61	28	8	68	16	8	75	20	8	82	46	8	90	39
10	61	50	10	68	39	10	75	44	10	83	12	10	91	6
31	62	13	34	69	2	37	76	9	40	83	37	43	91	33
2	62	35	2	69	25	2	76	33	2	84	3	2	92	1
4	62	58	4	69	48	4	76	57	4	84	29	4	92	29
6	63	20	6	70	12	6	77	22	6	84	54	6	92	56
8	63	43	8	70	35	8	77	46	8	85	20	8	93	24
10	64	5	10	70	59	10	78	9	10	85	46	10	93	52
32	64	28	35	71	22	38	78	35	41	86	13	44	94	20
2	64	50	2	71	46	2	79	0	2	86	39	2	94	48
4	65	13	4	72	10	4	79	25	4	87	5	4	95	16
6	65	36	6	72	33	6	79	50	6	87	32	6	95	20
8	65	58	8	72	56	8	80	15	8	87	58	8	96	13
10	66	21	10	73	20	10	80	40	10	88	25	10	96	42
33	66	44	36	73	44	39	81	5	42	88	51	45	97	11

B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.		B.	Angles.	
2	97	40	2	106	48	2	117	2	2	129	3	2	144	39
4	98	9	4	107	20	4	117	39	4	129	48	4	145	43
6	98	38	6	107	52	6	118	16	6	130	33	6	146	48
8	99	8	8	108	25	8	118	53	8	131	19	8	147	57
10	99	37	10	108	57	10	119	31	10	132	6	10	149	8
46	100	6	49	109	30	52	120	9	55	132	53	58	150	20
2	100	36	2	110	4	2	120	47	2	133	44	2	151	36
4	101	6	4	110	37	4	121	26	4	134	30	4	152	55
6	101	36	6	111	11	6	122	6	6	135	20	6	154	19
8	102	7	8	111	44	8	122	45	8	136	11	8	155	48
10	102	37	10	112	18	10	123	25	10	137	3	10	157	22
47	103	8	50	112	53	53	124	6	56	137	57	59	159	3
2	103	39	2	113	28	2	124	47	2	138	49	2	160	53
4	104	10	4	114	3	4	125	28	4	139	44	4	162	54
6	104	41	6	114	38	6	126	10	6	140	40	6	165	12
8	105	12	8	115	14	8	126	52	8	141	38	8	167	48
10	105	44	10	115	49	10	127	35	10	142	36	10	171	28
48	106	16	51	116	26	54	128	19	57	143	36	60	180	0

Il faut remarquer que dans la colonne des baſes les pouces n'y ſont marqués que de deux en deux, & les piéds y ſont marqués d'un en un. On trouvera toujours avec autant de facilité que de juſteſſe l'ouverture & la valeur de tous les angles ; car ſuppoſant, par exemple, que votre baſe ſoit de la longueur de 50 toiſes 3 pouces, & les deux autres côtés toujours de 30 piéds, vous chercherez dans la colonne des baſes le nombre de 50 piéds 3 pouces, & vous trouverez vis-à-vis dans la colonne des angles 113 dégrés 44 minutes pour la valeur de l'angle requis, en gardant les proportions des minutes & des pouces, comme on fait en cet exemple.

En réduiſant ce nombre des piéds par le moyen d'une échelle bien diviſée ſur du cuivre, on meſurera les mêmes angles ſur la carte & ſur le papier avec autant de juſteſſe que les cordeaux ſur la terre ; d'autant qu'aux triangles équiangles les côtés ſont proportionnels entre-eux.

Cette méthode de meſurer les angles plans peut auſſi ſervir à conſtruire les deſſeins de fortification des places tant réguliéres qu'irrégulieres, pour en connoître l'ouverture des angles tant des baſtions que du polygône formé par les rencontres des lignes des baſes ou côtés extérieurs tant ſur le papier que ſur la terre.

Pour tracer les angles, cherchez dans la table le nombre des dégrés & minutes que vous aurez à tracer, par exemple de 54 dégrés 34 minutes, & après l'avoir trouvé prenez à côté dans la colonne des baſes, le nombre de piéds & pouces qui lui répond, ſçavoir 28 piéds 6 pouces pour la meſure de la longueur de la baſe de l'angle toujours compris par les deux autres côtés du triangle de 30 piéds chacun ; & ainſi des autres.

USAGE VIII.

Pour lever le plan d'une place dans laquelle on peut entrer.

Fig. 6. SOit la place A B C D E, de laquelle on veut lever le plan.

Faites premiérement ſur votre papier une figure à peu-près ſemblable à votre plan, & après avoir meſuré avec la toiſe ſur le terrein les côtés A B, B C, C D & D E, écrivez les meſures trouvées ſur chacune des lignes qui leur correſpondent ſur le papier ; enſuite au lieu de meſurer les angles qui ſont les côtés de la place, meſurez les diagonales, comme ſont les lignes A D, B D, dont vous écrirez la valeur en nombre ſur votre brouillon ; laquelle ſera réduite en trois triangles dont tous les côtés ſont connus, puiſqu'ils ſont actuellement meſurés.

Vous remettrez au net ce brouillon par le moyen d'une échelle de parties égales, qui en contienne autant que la plus longue ligne du plan.

De toutes les méthodes de lever un plan, celle de le lever par dedans eſt la plus exacte & la moins ſujette à erreur.

USAGE IX.

Pour lever le plan d'une place par dehors.

SOit proposé un bois ou un étang dont on veut lever le plan, comme feroit E F G H I. Fig. 7.

Faites-en d'abord le brouillon en vous promenant tout autour, si vous le pouvez faire sans perdre beaucoup de tems.

Mesurez avec la toise ou la chaîne tous les côtés qui font l'enceinte du lieu proposé, & marquez-en les nombres sur chacune des lignes de votre brouillon; mais pour les angles, vous les mesurerez par la méthode ci-jointe.

Pour mesurer, par exemple, l'angle E F G, prolongez en bornayant côté E F de 5 toises & plantez un piquet à l'extrémité K; prolongez également le côté G F & plantez un piquet à l'extrémité L. Mesurez avec la toise la distance L K, & supposant qu'elle soit de 6 toises 4 piéds, c'est-à-dire de 40 piéds, marquez ce nombre sur la ligne L K de votre brouillon; & par ce moyen vous aurez les trois côtés du triangle isoscelle L F K, qui serviront à vous faire connoître l'ouverture de l'angle L F K, soit par la table ci-devant ou autrement. Or cet angle est égal à son opposé par la pointe E F G, & si l'on cherche dans la table 40 piéds en la colonne des bases, on trouvera que cet angle est de 83 dégrés 37 minutes.

Vous mesurerez de même l'angle F G H & tous les autres de la figure; ou bien de cette autre maniére; prolongez en bornayant le côté H G de 5 toises de G en N, où vous planterez un piquet; mesurez le long du côté G L, de G en M 5 toises, au bout desquelles vous ferez une marque en y plantant un piquet ou autrement. Mesurez exactement la distance M N, laquelle je suppose pour exemple de 6 toises 2 piéds ou de 38 piéds, que vous écrirez sur la ligne M N de votre brouillon.

Ce nombre étant cherché dans la colonne des bases (qui correspond à 78 dégrés 35 minutes pour l'angle extérieur M G H) dont le complément 101 dégrés 25 minutes est la valeur de l'angle de la figure F G H, parce que deux angles de suite valent autant que deux angles droits, vous remettrez ensuite votre brouillon au net avec une échelle de parties égales, tant pour marquer la longueur des côtés que celle des bases de tous les angles que vous pouvez avoir exactement, sans vous mettre en peine de leur valeur en dégrés & minutes.

USAGE X.

Pour tracer sur la terre tout polygône régulier sur une ligne donnée.

SOit pour exemple la ligne donnée A B, sur laquelle on propose de tracer un triangle équilatéral. Fig. 8.

Mesurez sur cette ligne du point A allant vers B 30 piéds & plantez-y un piquet D; ayez deux cordeaux mesurés de 30 piéds chacun, dont vous attacherez l'un au piquet D & l'autre au piquet A, & tendez-les également jusqu'à ce qu'ils se joignent par les deux autres bouts au point C, où vous planterez un autre piquet.

Faites la même chose à l'autre extrémité B de la ligne donnée, & prolongez les lignes jusqu'à ce qu'elles se joignent pour former le triangle équilatéral & équiangle A B E.

Fig. 9. S'il s'agit de tracer sur la terre un quarré parfait sur la ligne donnée A B, élevez sur chaque extrémité A & B une perpendiculaire par l'usage troisiéme.

Prolongez ces perpendiculaires pour les faire égales à la ligne donnée, plantez des piquets à leurs extrémités C & D & tracez la ligne C D qui achevera le quarré proposé.

Fig. 10. S'il faut tracer un pentagône sur la ligne donnée A B, souvenez-vous que les angles formés par les côtés d'un pentagône régulier sont de 108 dégrés chacun, comme nous l'avons expliqué ci-devant en *l'usage troisiéme du Rapporteur* & en la *section troisiéme de la ligne des polygônes du Compas de proportion*; c'est pourquoi cherchez dans la table des angles plans compris par deux côtés de 30 piéds dans la colonne des bases le nombre qui correspond à 108 dégrés ou le plus approchant, & vous trouverez 48 piéds 6 pouces & un peu plus; car ce nombre correspond à 107 dégrés 52 minutes, qui est moindre de 8 minutes que 108 dégrés; c'est pourquoi on peut prendre 48 piéds 6 pouces & demi pour ladite base.

Suivant cette méthode mesurez sur la ligne donnée du piquet A vers B 30 piéds & plantez un piquet au point C, où se termine la mesure. Ayez deux cordeaux mesurés, l'un de 30 piéds que vous attacherez par un de ses bouts au piquet A, & l'autre de 48 piéds 6 pouces & demi que vous attacherez de même au piquet C; tendez également ces deux cordeaux jusqu'à ce qu'ils se joignent au point E, où vous planterez un piquet, & vous aurez par ce moyen un angle de 108 dégrés; prolongez la ligne A E pour la tracer égale à A B; faites la même chose à l'autre extrémité B de la ligne donnée, & par ce moyen vous aurez déja trois côtés du pentagône A B, A G, B D, que vous acheverez par la même méthode.

Si le pentagône n'est pas trop grand, on peut l'achever par le moyen de deux cordeaux égaux au côté donné, en attachant l'un au piquet D & l'autre au piquet G; car si vous les tendez également, ils formeront les deux autres côtés du pentagône en se joignant au point H.

Vous pourrez par la même méthode tracer sur le terrein tout autre polygône régulier ou irrégulier, en cherchant dans la susdite table le nombre des piéds & pouces qui correspond à l'angle du polygône que l'on veut tracer.

USAGE XI.

Connoître la distance de deux objets inaccessibles entre eux, chacun d'eux étant accessible en particulier.

Fig. 11. ON demande, par exemple, la distance en ligne droite de la Tour A au moulin B.

Plantez le piquet C en une place d'où il soit facile de mesurer la distance en ligne droite jusqu'aux lieux A & B.

Mesurez exactement ces distances, comme de C en A que je suppose de 45 toises; prolongez la ligne A C jusqu'en D d'une quantité égale, c'est-à-dire

de 45 toises ; mesurez pareillement la ligne B C que je suppose de 37 toises, & la prolongez jusqu'en E, d'une quantité égale, c'est-à-dire, de 37 toises ; & vous formerez par ce moyen le triangle C D E égal & semblable au triangle A B C, & par conséquent la distance D E sera égale à la distance inaccessible de A en B.

USAGE XII.

Connoître la distance de deux objets dont un seulement est accessible.

SOit proposé pour exemple à trouver la largeur d'un fossé ou d'un lit de riviere A B. Etant sur un des bords au point A, plantez-y le piquet A C de 4 à 5 pieds de haut & bien perpendiculaire ; faites à l'extrémité C du piquet une petite fente pour y faire entrer une lame d'un morceau de cuivre ou d'acier bien droit qui puisse hausser ou baisser, long d'environ trois pouces, que vous hausserez ou baisserez jusqu'à ce que vous voyiez le point B, de l'autre côté de la riviére, en bornayant le long de ladite lame ; ensuite tournez le piquet toujours perpendiculaire en conservant la lame dans la même situation, & bornayez le long du bord de la riviére sur un terrein de niveau, en remarquant le point comme D, où se termine le rayon visuel. La distance A D étant mesurée avec la chaîne vous donnera la longueur de la riviére ou du fossé à laquelle elle est égale, comme il est facile de le juger. Fig. 12.

Cette proportion toute simple qu'elle est, peut servir à connoître de quelle longueur on doit couper des branches d'arbres, pour faire un pont sur un fossé ou sur une riviére que l'on veut traverser.

USAGE XIII.

SOit proposé de tracer sur la terre une ligne droite du point A au point B, entre lesquels il y a un bâtiment ou autre obstacle qui empêche de continuer l'alignement. Fig. 13.

Cherchez sur un terrein bien de niveau un troisiéme point comme C, duquel vous puissiez voir les piquets plantés aux points A & B ; mesurez exactement la distance de C en A, & de C en B ; prenez la moitié, le tiers ou toute autre partie égale de chacune de ces lignes ; plantez-y des piquets comme en D, moitié de C B, & en E moitié de C A ; tirez une ligne droite de D en E, laquelle vous prolongerez tant qu'il sera besoin, & tracez à cette ligne une parallele qui passe par les points A & B, par le moyen des piquets que vous planterez entre le point A & la maison, de même qu'entre ladite maison & le point B, tous en égale distance de la ligne D E, & ainsi vous continuerez l'alignement de A en B.

USAGE XIV.

SOit proposée à percer une butte de terre, pour y faire une gallerie qui communique de A en B. Fig. 14.

Tracez d'un côté une ligne droite comme D C, & de l'autre côté de

la butte une autre ligne droite comme E F, parallele à C D ; du point A, tirez sur la ligne C D la perpendiculaire A G, & en quelqu'autre point par-delà la butte tirez une autre perpendiculaire comme C H, égale à A G.

Du point B tirez sur E F la perpendiculaire B I, & en quelqu'autre point par-de-là la butte une autre perpendiculaire sur la même ligne, comme L M égale à B I, de sorte que la distance I L soit égale à C G ; tracez ensuite une ligne droite du piquet H au piquet M, que vous prolongerez tant qu'il sera besoin, & cette ligne sera parallele à la gallerie proposée à faire de A en B ; c'est pourquoi l'on pourra planter en distance égale de cette parallele H M de côté & d'autre de la butte tant de piquets que l'on voudra, comme O, P, Q, qui serviront à percer la butte de A en B.

Je parlerai encore de l'usage de ces instrumens dans le petit Traité de fortification que je donnerai ci-après.

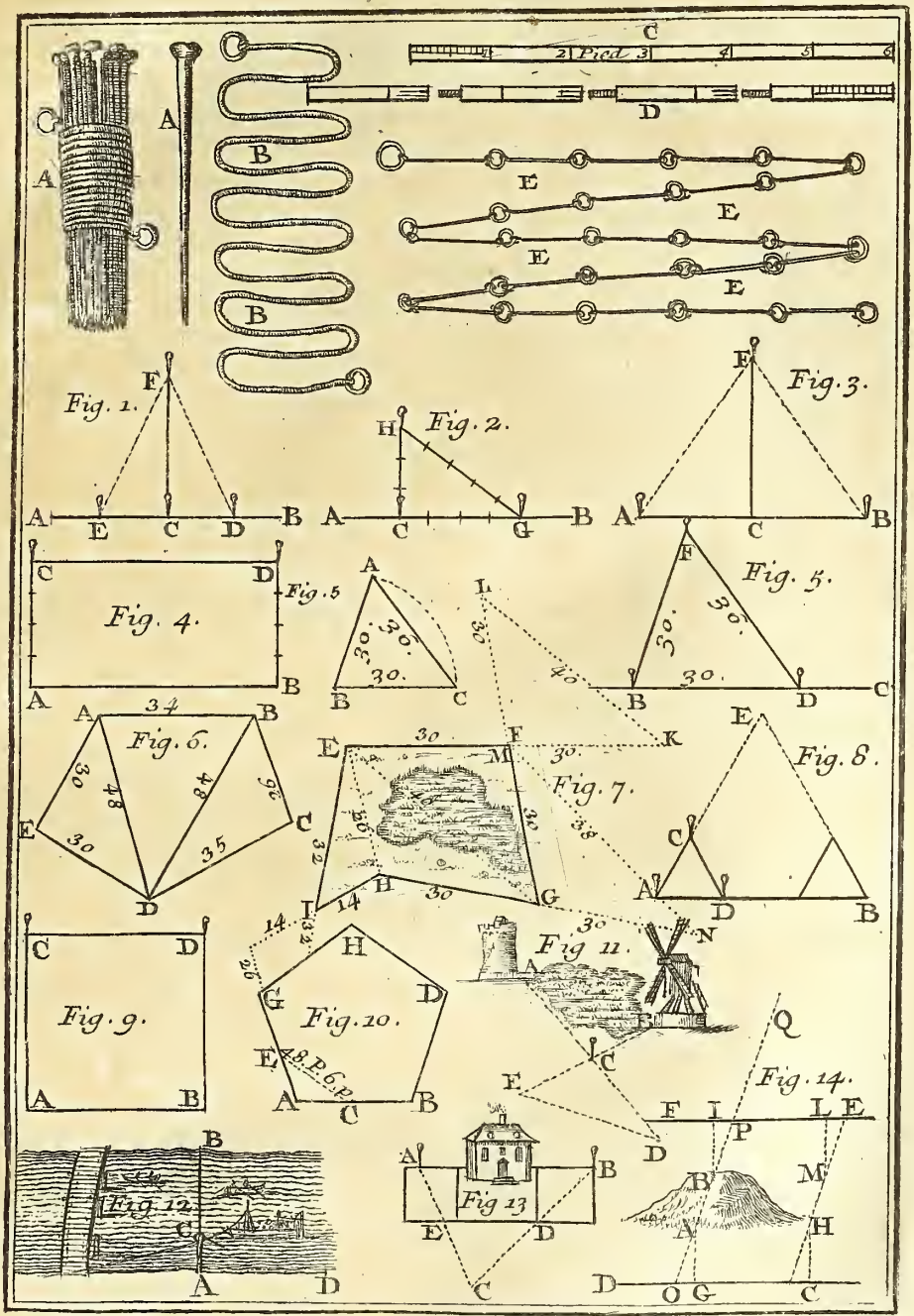
USAGE XV.

Connoître la superficie d'une figure.

ON mesure la superficie d'un quarré en multipliant sa longueur par elle-même ; d'un parallélograme, en multipliant sa longueur par sa largeur ; d'un triangle rectangle, en multipliant la longueur de sa baze par la moitié de son côté perpendiculaire ; d'un cercle, (dont le diamétre étant connu on connoît la circonférence qui est à peu-près comme 7 à 22) en multipliant la 4e partie de sa circonférence par son diamétre, ou la circonférence par la 4e partie du diamétre ; d'une ellipse, en multipliant les deux diamétres l'un par l'autre : & la racine quarrée de leur produit sera le diamétre d'un cercle dont la superficie sera égale à celle de l'ellipse ; enfin d'une figure irréguliere en la réduisant en triangles intérieurs, (comme en l'usage 8 précédent,) ou bien en triangles extérieurs (comme en l'usage 9) pour avoir la superficie de chacun d'eux en particulier, comme il va être enseigné, & par leur totalité connoître la superficie de la figure irréguliere donnée. Ayant donc mesuré tous les côtés de chaque triangle comme de celui L F K, dans lequel L F est de 30 piéds, celui F K aussi de 30 piéds, & celui L K de 40 piéds, vous en aurez la superficie en deux maniéres.

XI. *Planche.* Fig. 7.

Premiere maniére pour le contour. Ajoûtez ensemble ces trois côtés, le total sera 110 pieds ; ôtez-en la moitié, il restera 50 piéds ; de ces 50 piéds ôtez-en l'un après l'autre les trois côtés pour avoir ces trois restes ou différences 20, 20 & 10 ; multipliez-les ensemble & par la moitié précédente 50, c'est-à-dire, multipliez *primò* 20 par 20, *secundò* 400 (produit de cette 1ere. multiplication) par 10, *tertiò* 4000 (produit de la 2e. multiplication) par 50, & vous aurez le produit plan 200000, dont la racine quarrée 447 piéds & un quart sera l'aire du triangle L F K. Si l'on double l'aire de ce triangle, on aura 894 piéds & demi pour l'aire d'un parallélograme, dont tel côté de ce triangle qu'on voudra choisir sera la base ; & par conséquent si 894 piéds & demi (double de l'aire du triangle L F K) est divisé par la base L K (qui est par exemple de 40 piéds) le quotient donnera 22 piéds 4 pouces pour la hauteur de la perpendiculaire qui tombera de F sur L K. Pour avoir le point de cette perpendiculaire sur L K de 900 piéds (quarré du côté F K) ôtez-en 500 (quarré de 22 pieds 4 pouces) hauteur de la perpendiculaire trouvée, & il restera 400, dont la racine quarrée 20 donnera la longueur de K vers L au point où la perpendiculaire tombera de F sur L K.



On trouvera dans l'usage XV. du Chap. I. du Liv. IV. des explications fort amples de la figure 7. de la presente planche; et au Chap. V. du même Liv. Page 130. un abrege de Trigonometrie qui rappelle encore cette même figure, avec plusieurs choses dispersees en differens endroits de ce traité.

en bornayant un objet éloigné par deux pinules, & un autre objet par les deux autres pinules. Il faut enſuite tourner l'équerre bien juſte ſur ſon bâton, & regarder les mêmes objets par les pinules oppoſées, s'ils ſe rencontrent bien exactement dans l'alignement des fentes, c'eſt une marque de la juſteſſe de l'inſtrument.

Pour éviter de fauſſer l'équerre il faut premiérement enfoncer en terre le bâton ſeul, & quand il eſt bien affermi, placer ladite équerre ſur la virole par le moyen de ſa vis.

On fait auſſi de ces ſortes d'équerre, où l'on met huit pinules de la même maniére que celle décrite ci-deſſus; elles ſervent pour avoir les angles de 45 dégrés; & aux Jardiniers pour aligner & planter des allées d'arbres en étoile.

USAGE PREMIER.

Pour lever le plan & faire la meſure d'un champ ou d'un pré dans lequel on peut entrer.

Fig. 1 Soit propoſé le champ A B C D E à lever. Plantez à tous les angles des piquets ou jallons bien à plomb, meſurez exactement la ligne A C par parties de la maniére que nous allons dire ci-après ou telle autre qu'il vous plaira, mais d'où l'on puiſſe découvrir tous les piquets plantés aux angles.

Faites un brouillon ou mémorial ſur une feuille de papier qui repréſente à peu-près la figure du plan propoſé, ſur lequel vous écrirez toutes les meſures des parties de la ligne A C & des lignes perpendiculaires tirées des angles à la rencontre de la ligne A C.

Si vous commencez par le piquet A, cherchez le long de la ligne A C le point F, ſur lequel tombe la perpendiculaire E F, meſurez les lignes A F, F E, & marquez-leur longueur ſur les lignes correſpondantes de votre mémorial.

Pour trouver ce point F plantez pluſieurs piquets à diſcrétion au long de la ligne A C; plantez auſſi le pié de votre équerre dans la même ligne, en ſorte que par deux de ſes pinules oppoſées, vous découvriez deux de ces piquets, & que par les fentes des deux autres pinules, qui ſont angle droit avec les deux premiers, vous puiſſiez voir le piquet E. Que ſi du premier coup vous ne découvrez pas ce piquet, approchez ou reculez du point A le pié de l'inſtrument juſqu'à ce que les lignes bornayées A F, E, faſſent angle droit au point F, au moyen de quoi vous aurez le plan & la ſurface du triangle A F E.

C'eſt de la même maniére que vous trouverez le point H où tombe la perpendiculaire D H, laquelle vous meſurerez actuellement, auſſi bien que G F, & dont vous marquerez les longueurs ſur votre mémorial, afin d'avoir le plan & la ſurface du trapèze E F H D; meſurez enſuite A C faiſant angle droit avec H D, & vous aurez le plan & la ſurface du triangle rectangle D H C.

Ayant ainſi meſuré toute la ligne A C, il ne s'agit plus que de trouver ſur cette ligne le point G, où tombe la perpendiculaire B G & de la meſurer, afin d'avoir le plan & la ſurface du triangle rectiligne A B C, au moyen dequoi vous aurez le point du champ propoſé A B C D E. Vous aurez auſſi ſa ſurface totale en ajoûtant celles des triangles & trapèze qui en ſont les parties,

&

& qui se connoîtront facilement par les régles de la Planimétrie, de la maniére qui suit.

Supposons, par exemple, que A F soit de sept toises, & la perpendiculaire E F de dix ; multipliant 7 par 10, le produit est 70, dont la moitié 35 sera la surface du triangle A F E.

Si de plus la ligne F H est de 14 toises, & la perpendiculaire H D de 12 ; ajoûtant 12 avec 10, que contient la parallele F E, on aura 22, dont la moitié 11 étant multipliée par 14, produit 154 toises quarrées pour la surface du trapèze E F H D. Et si la ligne H C est de 8 toises, multipliant 8 par 12, le produit est 96, dont la moitié 48 sera la surface du triangle C H D.

Toute la ligne entiére A C est de 29 toises, & la perpendiculaire B G de 10 ; le produit est 290, dont la moitié 145 est la surface du triangle A B C. Enfin ajoûtant les quatre surfaces partiales, 35, 154, 48 & 145, la somme 382 toises quarrées sera la surface totale du plan A B C D E. (Figure 1. de la planche 12.)

USAGE II.

Pour lever le plan d'un terrein dans lequel il n'est pas facile d'entrer, comme pourroit être un Bois, un Etang, un Marais, & autre lieu de cette nature.

SOit proposé le marais E F G H I : plantez des piquets à tous les angles, faites en sorte de renfermer sa figure dans un rectangle, lequel vous mesurerez ; puis en soustrayant les triangles & trapèzes qui se trouveront ajoûtés autour de son plan, le reste sera la surface du terrein proposé. Fig. 2.

Si, par exemple, vous commencez par le piquet E, prolongez avec votre équerre la ligne E F, tant qu'il est besoin, pour tracer sur son prolongement une perpendiculaire qui rencontre le piquet G, comme est ici la ligne K G ; plantez un piquet en K, & prolongez cette ligne jusqu'en L, c'est-à-dire, tant qu'il sera nécessaire pour y tracer une perpendiculaire qui passe par le point H, comme la ligne L H, que vous prolongerez aussi tant qu'il sera besoin ; retournez ensuite au piquet E pour y tracer une autre perpendiculaire sur la ligne E F, laquelle étant prolongée rencontrera au point M la perpendiculaire L H ; ce qui étant fait, vous aurez le rectangle E M L K, dont vous mesurerez les longueur & largeur avec une chaîne ou une toise.

Supposons par exemple, que la longueur E K ou sa paralléle M L, qui lui doit être égale, soit de 35 toises, & que la largeur E M ou sa paralléle L K soit de 10 toises ; multipliant ces deux nombres l'un par l'autre, vous aurez 350 toises quarrées pour la surface totale dudit rectangle.

Mais si le prolongement F K est de 5 toises & K G de 4, multipliant 4 par 5, le produit est 20, dont la moitié 10 toises est la surface du triangle F K G. La ligne G L étant de 6 toises & L H de quatre, le produit de 4 par 6 est 24, dont la moitié 12 est la surface du triangle G L H.

Il faut ensuite trouver dans la ligne H M un point où tombe la perpendiculaire qui part du piquet I, laquelle formera un triangle & un trapèze ;

de sorte que si la distance H N est de 24 toises, & la perpendiculaire N I de 4 toises, le produit de 24 par 4 est 96, dont la moitié 48 est la surface du triangle H N I. Enfin N M étant de 7 toises, M E de 10, & sa paralléle N I de 4 toises, ajoûtant 10 & 4, la somme est 14, dont la moitié 7 multipliée par 7 fait 49 pour la surface du trapèze E M N I.

C'est pourquoi ajoûtant ensemble les surfaces de ces trois triangles & celle du trapèze, on aura 119 toises, lesquelles étant ôtées de 350, qui est la surface totale du quarré long, il restera 231 toises pour la surface du marais proposé E F G H I. On fera la même chose de toute autre figure. Ces deux usages font assez connoître la maniére dont les Arpenteurs se servent de leurs instrumens pour lever les plans & mesurer toutes sortes de piéces de terre.

CHAPITRE III.

Contenant la construction & les usages de différens Récipiangles.

XII. Planche. Fig. A.

IL y a plusieurs sortes de récipiangles ou mesurangles, mais les meilleurs & les plus en usage son ceux dont nous allons faire la description.

Le récipiangle marqué A est composé de deux régles parfaitement égales en largeur : car il faut que les côtés intérieurs de chaque régle soient bien paralléles aux côtés extérieurs. Leur largeur est d'environ un pouce & leur longueur d'un pied ou plus. Ces deux régles sont arrondies par la tête également & attachées l'une sur l'autre par le moyen d'un clou à tête artistement tourné, de sorte que l'instrument se puisse ouvrir & fermer facilement. Lorsqu'on a pris l'ouverture d'un angle, on met le centre d'un rapporteur à l'endroit où les deux régles se joignent, & les dégrés du bord marquent l'ouverture de l'angle, ou bien l'on trace sur le papier l'ouverture que font les régles du récipiangle, puis on la mesure avec un rapporteur.

Fig. B. Le récipiangle marqué B est fait comme le précédent, excepté qu'il y a deux pointes d'acier aux deux extrémités, afin qu'il puisse servir de compas. On le nomme ordinairement *Fausse Equerre.*

Fig. C. Le récipiangle marqué C est différent des autres, en ce qu'il marque l'ouverture des angles sans rapporteur.

Il est composé de deux régles de cuivre d'égale largeur & bien paralléles, longues de deux piéds ou environ, larges de deux ou trois pouces & d'une ligne d'épaisseur & jointes ensemble par un clou bien rond. Il y a de plus un cercle divisé en 360 dégrés au bout d'une des régles & un petit index attaché fortement au clou, lequel à mesure que l'on ouvre ou ferme l'instrument, marque les dégrés de son ouverture. Nous ne répétons pas ici la maniére de diviser le cercle, l'ayant expliqué suffisamment en parlant du rapporteur. Nous dirons seulement que l'on commence toujours à compter les dégrés, du milieu de la régle où est le centre.

On fait encore cette sorte de récipiangle en divisant un cercle sur la régle inférieure, & on lime la régle de dessus comme la tête d'un compas de proportion, de sorte qu'en ouvrant l'instrument les deux épauliéres marquent les dégrés de son ouverture.

Pour mesurer un angle saillant avec quelqu'un de ces trois récipiangles, on applique les côtés intérieurs des deux régles sur les lignes qui forment l'angle. Et pour mesurer un angle rentrant, on applique les côtés extérieurs des mêmes régles le long des lignes qui forment ledit angle.

Le récipiangle marqué D est composé de quatre régles de cuivre, de largeur parfaitement égale & jointes ensemble par quatre clous ronds à tête tournée, lesquelles forment un parallélogramme équilatéral. Au bout de l'une desdites régles il y a un demi-cercle de trois à quatre pouces de diamétre divisé en 180 dégrés & même en demi, si l'on veut : or c'est ce qui doit faire préférer ce récipiangle aux autres. L'autre branche qui passe sur le demi-cercle est prolongée jusques sur la division, afin d'y marquer l'ouverture des angles. Fig. D.

Ces régles se font d'un pied ou deux de longueur, de huit ou dix lignes de largeur, & d'épaisseur convenable. Elles doivent être percées très-également en longueur, sçavoir celle où est le demi-cercle au point 2 où est son centre, & à l'autre bout au point marqué 1. Celle qui sert d'alidade doit être percée aux points marqués 2 & 3 ; & enfin les deux autres régles chacune à leurs extrémités au point marqué 4. La régle qui sert d'alidade doit être attachée au centre & dessus le demi-cercle ; les deux autres régles qui sont d'une même longueur, doivent être attachées par-dessous les deux autres ; le tout de maniére que leur mouvement soit bien uniforme.

Quand on veut mesurer un angle saillant avec ce récipiangle, on fait passer les deux régles égales par-dessous les deux autres, afin que les quatre régles n'en fassent que deux, pour embrasser l'angle ; mais quand on veut mesurer un angle rentrant, on retire ces deux régles en dehors, comme elles sont à présent, & on les applique dans l'enfoncement de l'angle ; & comme en tout parallélogramme les angles opposés sont égaux, on en connoît l'ouverture par les dégrés du demi-cercle opposé.

USAGE PREMIERE.

Lever le plan d'un Bastion.

POur lever le plan d'un bastion, comme de celui cotté ABCDE, (en la figure 1. gravée au bas de la même planche XII), tracez un brouillon sur une feuille de papier & mesurez avec le récipiangle rentrant l'angle E, formé d'une courtine de la place & du flanc du bastion proposé, en l'appliquant horizontalement, de sorte qu'une des régles soit dans l'alignement de ladite courtine & l'autre régle dans l'alignement du flanc ; & ayant reconnu sa valeur en dégrés, marquez-la sur votre mémorial dans un petit arc, pour faire connoître que c'est la cotte d'un angle. Faites ensuite mesurer la longueur du flanc ED, que vous marquerez le long de la ligne *e d* de votre brouillon, puis embrassez avec les régles de votre récipiangle l'angle saillant D de l'épaule, & cottez sa valeur dans un petit arc ; faites mesurer la longueur de la face gauche CD ; mesurez avec le récipiangle l'ouverture de l'angle flanqué C, & ensuite celle des autres angles du bastion, de même que la longueur de ses faces & flancs ; après quoi il sera facile de le remettre au net par le moyen d'une échelle de parties égales & d'un rapporteur. Fig. 2.

Mais comme il se rencontre souvent que les angles, qui d'ordinaire sont de pierre de taille, ont été mal taillés par la négligence des Ouvriers qui

les font ou trop aigus ou trop obtus, pour y remédier on applique une longue régle ſur chaque mur, dont l'alignement peut être bon, quoique l'angle ſoit mauvais, & poſant de niveau ſur ces deux régles les jambes du récipiangle, on aura plus exactement l'ouverture de l'angle à meſurer.

USAGE II.

Lever le plan d'un terrein dont l'enceinte ſoit de figure rectiligne.

Fig. 2. SOit propoſé le plan A B C D E F G. Il faut d'abord en déſſiner la figure à vûe ſur un mémorial, meſurer exactement ſur le terrein la longueur de tous les côtés & les marquer à meſure ſur les lignes relatives du mémorial; prenez enſuite avec tel récipiangle que vous voudrez choiſir l'ouverture de chaque angle, par exemple, de l'angle ſaillant A G F, l'enfermant avec les jambes du récipiangle, & marquez les dégrés de ſon ouverture ſur l'angle relatif *a g f* dudit mémorial; meſurez auſſi l'angle rentrant F E D, en mettant la tête du récipiangle dans le fond de cet angle, en ſorte que l'extérieur des branches joigne exactement les côtés du terrein qui forment l'angle, & marquez-en la valeur ſur l'angle relatif du mémorial, & ainſi de tous les autres angles: quand vous en aurez marqué les dégrés, auſſi-bien que la longueur de toutes les lignes meſurées ſur le terrein, vous le remettrez au net, & par ce moyen vous aurez le plan ſemblable *a b c d e f g*. (Figure 2.) On peut par cette méthode lever le plan d'une maiſon, en prenant les angles tant rentrans que ſaillans.

Sur la même planche on verra le plan d'un pentagône régulier fortifié avec les noms des parties de ſa fortification.

CHAPITRE IV.

Contenant la conſtruction & les uſages de différentes Planchettes.

XIII. *Planche.* Fig. 1. NOus commencerons par donner la conſtruction & les uſages de l'Inſtrument univerſel qui ſert auſſi de Planchette.

La figure premiére de la planche 13 eſt une planchette, qu'on nomme auſſi *Inſtrument univerſel*, à cauſe que Mr Ozanam qui en eſt l'Inventeur, prétend qu'avec cet inſtrument on peut faire toutes les opérations de la Géométrie pratique.

Cet Inſtrument de figure rectangulaire comme celui cotté A B C D eſt fait d'une plaque de laiton ou de quelqu'autre matiére ſolide dont la longueur A B eſt d'environ 12 pouces, & la largeur B C ou A D de 8 pouces: on ajuſte ſur cette plaque 4 régles, dont 3 ſont de 6 lignes de large, & celle qu'on nomme la baſe doit avoir 9 à 10 lignes. Au milieu de cette régle, on trace une ligne qu'on nomme ligne de conduite. Elle doit être diviſée en 200 ou 300 parties égales pour les opérations que nous dirons ci-après.

Au milieu de cette ligne au point L, eſt le centre des dégrés d'un demi cercle, qui doivent être tracés ſur les trois autres régles; on voit bien que ces dégrés ne peuvent pas être égaux, étant tracés ſur un parallélogramme,

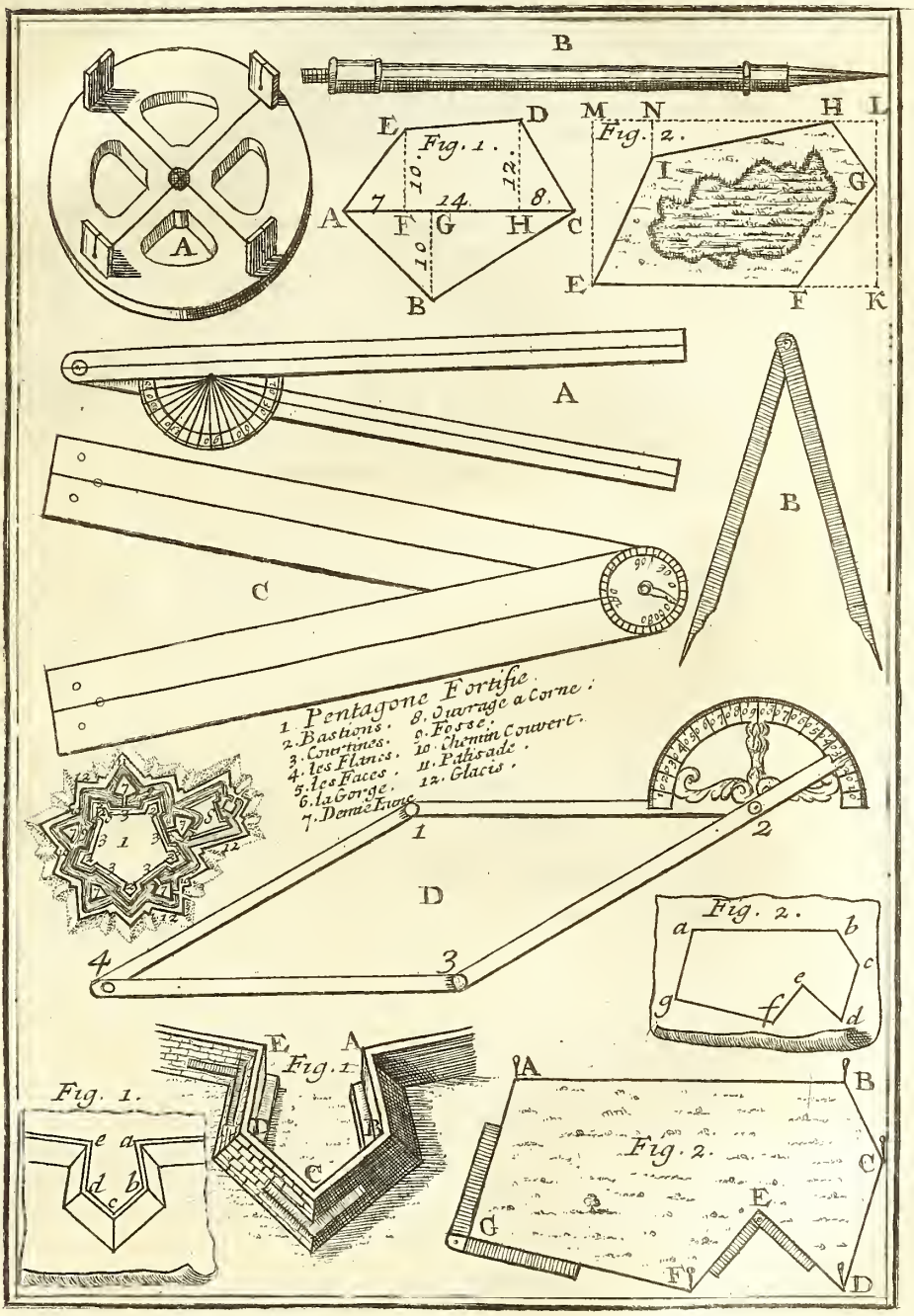
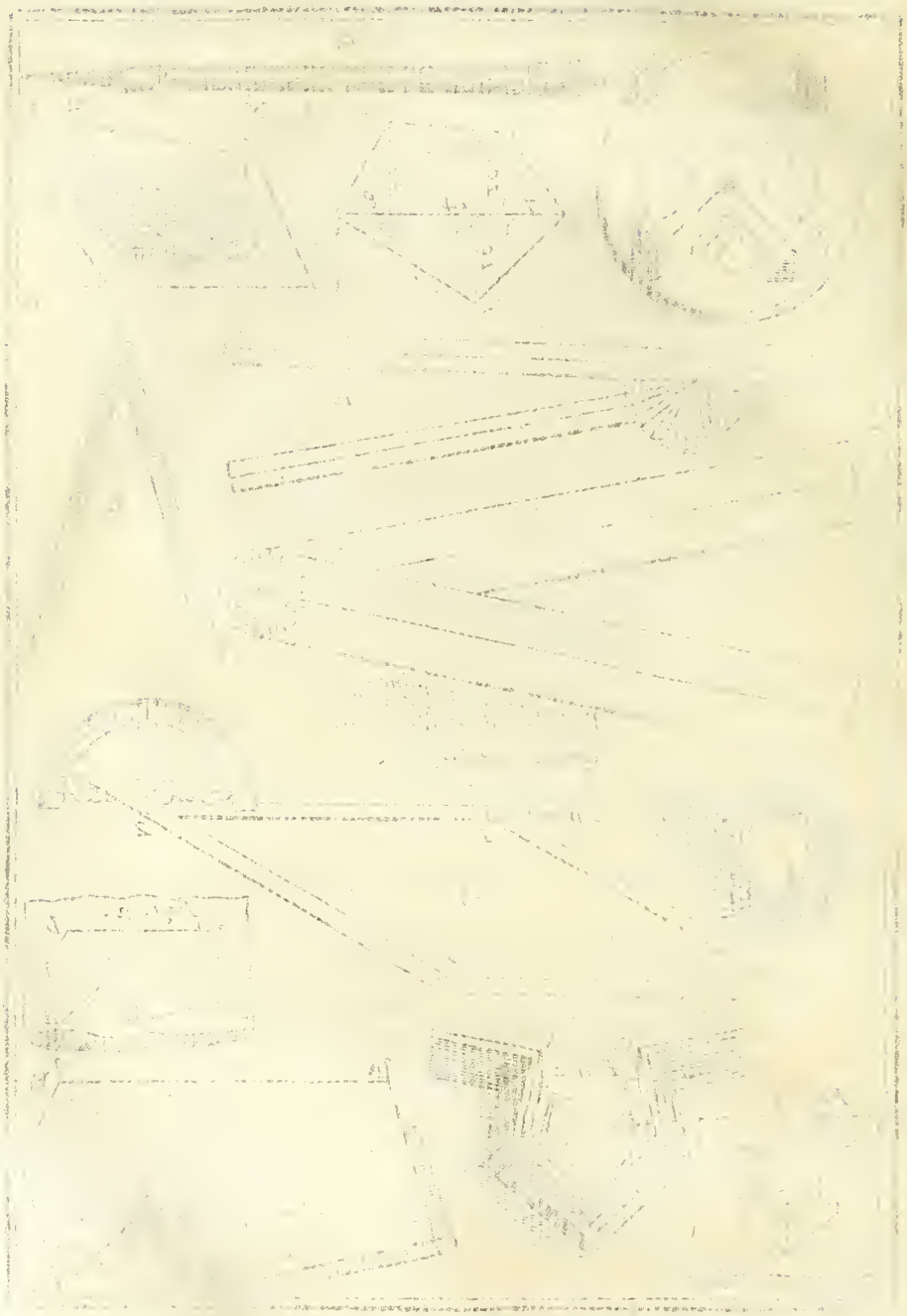


Fig. 1.
Fig. 2.
1. Pentagone Fortifie.
2. Bastions.
3. Courtines.
4. les Flancs.
5. les Faces.
6. la Gorge.
7. Demie Lune.
8. Ouvrage a Corne.
9. Fosse.
10. Chemin Couvert.
11. Palisade.
12. Glacis.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 1.
Fig. 2.



& par conſéquent les dégrés des angles doivent être plus grands étant plus éloignés du centre.

Avant d'arrêter ces quatre régles ſur la plaque, il faut en ajuſter trois autres par-deſſous qui ſoient moins larges que les autres d'environ une ligne, afin de laiſſer un vuide pour y pouvoir couler quelques feuilles de papier ou de carton mince par un des côtés, comme B C, qui ſoit vuide par-deſſous, afin que ſur ce papier on puiſſe tracer les rayons qui ſe tirent le long de la ligne de foi de l'alidade, comme il ſera expliqué en ſon lieu. Toutes ces régles étant ainſi arrêtées ſur la plaque, elles doivent former en dedans & en dehors un parallélogramme parfait.

L'alidade doit être non ſeulement mobile autour de ſon centre, mais ce centre doit auſſi être mobile & couler ſur la ligne de conduite, en ſorte qu'il puiſſe ſe mouvoir & s'arrêter à telle diviſion que l'on voudra, & c'eſt en cela que conſiſte la plus grande difficulté de l'inſtrument.

Pour le faire avec plus de juſteſſe, il faut placer ſous la baſe de l'inſtrument & préciſément au-deſſous de la ligne de conduite une régle de la longueur de ladite baſe d'environ quatre lignes de largeur & de deux lignes d'épaiſſeur, il faut qu'il y ait deux biſeaux également limés dans toute leur longueur, & arrêter cette régle avec des vis à têtes perdues, les biſeaux en-deſſous.

Il faut enſuite avoir une piéce de cuivre d'un pouce en quarré & d'une ligne d'épaiſſeur. Aux deux bords oppoſés de ladite piéce on rivera deux piéces qu'on aura limé en biſeaux par-deſſous, de maniére qu'elle coule bien juſte au long de la régle à biſeau : on y peut mettre auſſi un reſſort en-deſſous. J'ai expérimenté que cela fait un fort bon effet. Puis on ajuſte une autre piéce de laiton de la même grandeur que la précédente, d'une bonne ligne d'épaiſſeur & que l'on plie à équerre par un des côtés, pour mettre ſur labaſe de l'inſtrument, & l'on attache cette piéce avec deux vis vers ſes extrémités à la couliſſe de deſſous, de maniére que ces deux piéces coulent bien juſte & parallélement au long de la baſe de l'inſtrument.

Il faut enſuite percer cette piéce de deſſus d'une ouverture ronde de ſix à ſept lignes de diamétre, dont le centre réponde juſte à la ligne de conduite ; puis attacher l'alidade, qui doit être percée au centre d'une pareille ouverture que la précédente par le moyen d'une virole ou clou tourné, dont l'ouverture intérieure ſoit de 5 à 6 lignes & l'extérieure de la groſſeur du trou de l'alidade & de la couliſſe. On doit en tournant cette virole réſerver une épaiſſeur & une largeur convenable en-deſſus, pour qu'en rivant l'alidade à la couliſſe, elle tourne en tous ſens ; on ajuſtera au point I une lame d'acier mince qui traverſera le diamétre de l'ouverture du centre, qui ſera angle droit à la ligne de conduite, afin de placer le centre de l'alidade à telle partie qu'on voudra de la diviſion de la ligne de conduite.

L'alidade doit avoir au moins la longueur de la diagonale du parallélogramme & doit être diviſée dans toute ſa longueur au bord de la ligne de foi depuis le centre de la même diviſion de la ligne de conduite.

On place deux pinules aux extrémités juſte de la ligne de conduite, il eſt mieux qu'on les place deſſous l'inſtrument, parce qu'elles ne nuiſent pas au rayon viſuel de ceux de l'alidade. On en place deux autres vers les extrémités de l'alidade, mais il faut que les fentes & les filets répondent

juſte à la ligne de foi. Je trace derriére l'inſtrument une ligne perpendiculaire, pour y accrocher une ſoye avec ſon plomb afin de ſervir de niveau, ou afin de prendre les hauteurs. On met un genou au-deſſous & au milieu de l'Inſtrument, & quelquefois une Bouſſole pour orienter les plans, qu'on attache avec deux vis au bord extérieur de l'alidade. On poſe auſſi cet inſtrument ſur un piéd, comme ceux dont je donnerai la deſcription ci-après.

USAGE PREMIER.

Meſurer la diſtance des deux objets inacceſſibles.

Fig. 2. SOit, par exemple, la diſtance inacceſſible de la Tour A à la Chapelle B, à meſurer. Choiſiſſez à volonté deux points éloignés entre eux autant que vous pourrez & le plus proche que faire ſe pourra de la ligne à meſurer A B, afin que les rayons viſuels ſe coupent moins obliquement & que les interſéctions ne ſe faſſent pas hors du plan de l'inſtrument, comme C E, dont la diſtance exactement meſurée avec la chaîne eſt de 200 pieds ou toiſes; & ayant arrêté le centre de l'alidade de l'inſtrument en un point commode de la ligne de conduite, comme en *c*, appliquez l'inſtrument de façon que ce point *c* réponde perpendiculairement ſur le point C, où vous placerez un piquet, & la ligne de conduite ſur la ligne C E, où il y aura auſſi un piquet: & ayant tourné l'alidade & bornayé avec ſes pinules les deux extrémités A, B de la ligne à meſurer, tirez ſur la ſurface de l'inſtrument le long de la ligne de foi les deux rayons viſuels *c* F, *c* G aux deux points de la Tour & de la Chapelle.

Après cela faites une ſeconde ſtation, mais auparavant avancez le centre de l'alidade de deux cens parties de la ligne de conduite, pour les deux cens piéds de la ligne C E depuis *c* en *e*, pour appliquer de nouveau l'inſtrument de maniére que ce point *c* réponde juſte au piquet E, & que par les deux pinules de la ligne de conduite vous voyiez le piquet C; après quoi l'alidade étant pareillement tournée vers les mêmes extrémités A, B de la ligne donnée, on tracera ſur la ſurface de l'inſtrument au long de la ligne de foi les deux rayons viſuels *e* H, *e* I, qui couperont les deux premiers *c* F, *c* G en deux points, par où vous tirerez la droite *a b*, dont la longueur étant priſe avec un compas & portée ſur la diviſion de la ligne de conduite, elle donnera dans le nombre des parties égales qu'elle comprendra le nombre des piéds ou toiſes de la diſtance propoſée de la Tour A à la Chapelle B.

Il eſt à remarquer qu'en appliquant l'alidade ſur les lignes *e a*, *e b*, on trouve ſur la diviſion de la ligne de foi la valeur des lignes E A, E B; & de même en appliquant l'alidade ſur les lignes *c a*, *c b*, on trouve ſur les mêmes diviſions de la ligne de foi la valeur des lignes C A, C B. Ainſi vous voyez que par cette opération on peut meſurer ſur le terrein pluſieurs lignes à la fois.

USAGE II.

Tracer un plan sur la terre.

POur tracer sur la terre un plan, qui soit semblable à un autre décrit sur le papier, comme *b c d e*, placez ledit plan sur la surface de l'Instrument universel, & ayant choisi sur un terrein un endroit commode & où il n'y ait aucun empêchement, comme en A, arrêtez le centre de l'alidade en un point de la ligne de conduite, comme en *a*; & l'Instrument étant posé horisontalement sur son piéd de telle sorte que le point *a* réponde perpendiculairement au point A, & que la ligne de conduite soit tournée à droit ou à gauche, selon que vous trouverez à propos de tracer votre plan; ensuite tournez l'alidade vers un des angles du plan proposé *b c d e*, comme vers l'angle *b*, en sorte que la ligne de foi tombe préciſément sur cet angle *b*, & remarquez sur les divisions de la même ligne de foi de combien de parties égales ce point *b* est éloigné du point *a*, afin de compter sur la terre en ligne droite autant de piéds depuis A jusques en B; alors le point B représentera le point *b* du plan proposé, où vous ferez planter un piquet. Fig. 3.

Tournez ensuite l'alidade vers l'angle *c*, & faites pour l'angle C, comme il a été fait pour l'angle *b*, afin d'avoir de la même maniére sur le terrein la représentation de l'angle *c* C, où vous en ferez aussi placer un piquet. Et si vous en faites de même pour les angles *e d*, vous aurez sur la terre leurs représentations aux points E D, & le plan proposé *b c d e* se trouvera tracé sur le terrein & représenté par le plan B C E D.

Si le lieu où l'on veut tracer le plan est empêché, comme si l'on vouloit tracer une fortification autour d'une Ville, il faudroit connoître les angles & les côtés du plan proposé, & faire sur le terrein les mêmes angles & prendre les côtés d'autant de toises sur la terre qu'ils auront été trouvés sur le papier.

USAGE III.

Mesurer une hauteur accessible.

MEsurer une hauteur, par exemple, de la Tour A B: je la suppose accessible & le terrein paralléle à l'horison. Faites sur ce terrein une station en quelque lieu commode & un peu éloigné de la Tour comme en C, & mesurez la base B C que je suppose de 200 pieds. Fig. 4.

Cette préparation étant faite, placez l'Instrument universel sur son piéd, que son plan soit perpendiculaire à l'horison, par le moyen du plomb que vous mettez sur la ligne qui est tracée derriére ledit Instrument, arrêtez le centre de l'alidade au point *c*, éloigné du point *b* sur la ligne de conduite de 200 parties égales, pour les 200 pieds de la distance C B, & que le point *c* réponde juste au point C. Après cela élevez l'alidade vers le sommet de la Tour A, en sorte que par les pinules vous voyiez le point A: Tirez sur la surface de l'Instrument le long de la ligne de foi, la ligne *c a* qui donne le point *a* sur le côté perpendiculaire de l'Instrument, & prenez avec un

compas la longueur de *b a* & la portez sur la ligne de conduite *c b*, pour connoître le nombre des parties égales de cette ligne *b a*, alors ce nombre vous fera connoître la hauteur de la Tour A B qu'on cherche.

Il est à remarquer que pour prendre les hauteurs avec cet instrument, il faut être éloigné de l'objet un peu plus que cette hauteur, autrement la ligne *c a* ne couperoit le côté perpendiculaire B D qu'au-dehors de l'instrument, de sorte qu'on ne pourroit pas avoir le point *a*, ce qui empêcheroit de connoître sans calcul la hauteur de la Tour A B.

Comme l'instrument est toujours au-dessus du terrein de 4 à 5 piéds, ce qui est à peu près la hauteur de l'œil de l'Observateur, il faut ajoûter ces 4 à 5 piéds pour avoir toute la hauteur proposée au-dessus du terrein.

Je ne m'étends pas davantage sur les usages de cet Instrument. Mr Ozanam en a fait un petit Traité particulier dans lequel il lui donne un grand nombre d'usages. Je ne parle pas non plus de ces usages par raport à la Trigonométrie qu'on fait avec les dégrés qui sont au bord de l'Instrument, ce sont les mêmes que ceux des demi-cercles dont je parlerai ci-après.

Description d'une autre sorte de planchette moins composée, & de son usage.

XIII. Planche. Fig. 5.

CEtte planchette se fait d'une plaque de cuivre ou de bois bien sec & bien droit, d'environ 12 à 15 pouces en quarré, montée sur son genou & sur un piéd à trois branches. On arrête une feuille de papier par le moyen d'un chassis qui s'emboëte juste autour de la planchette. On se sert, pour tirer les rayons visuels, d'une régle ou alidade de cuivre de la longueur au moins de la diagonale de la planchette & on y ajuste aux extrémités deux pinules à fente & à filets, & quelquefois une lunette d'approche & une bousole pour orienter les plans. On trace aussi sur cette régle plusieurs échelles de différentes grandeurs pour rapporter sur le champ les longueurs & les distances. Il y a des personnes qui disent qu'ils se servent d'épingles qu'ils fichent sur la planchette quand elle est de bois ; mais il n'y a aucune justesse ni facilité à s'en servir, car les épingles ne se placent que fort difficilement à plomb & les fibres du bois les font glisser à côté de l'endroit où ils devroient être. Je passe sous silence tous les autres inconvéniens qui arrivent en se servant de cette méthode.

Fig. 6.

Il est bon de dire ici que pour faire de grandes opérations avec cet instrument, il faut que la planche soit de deux piéds en quarré, & que les pinules soient environ de 3 à 4 pouces de hauteur & posées sur l'alidade, parce que la planchette étant placée horisontalement, lorsqu'il se rencontre sur le terrein des hauteurs ou des profondeurs, la hauteur des pinules est très-utile dans ces opérations ; on peut les ajuster à charniére, de maniére qu'elles se couchent sur l'alidade, & étant relevées on les arrête droit avec chacune une vis.

A l'égard de la lunette, quand on y en met, il faut qu'elle soit ajustée sur l'alidade, de maniére qu'elle soit bien paralléle à la ligne de foi & qu'elle soit un peu élevée sur l'alidade, afin qu'on puisse lui faire faire un mouvement de haut en bas suivant que le terrein le requiert ; ce mouvement se fait par le moyen d'une piéce qui est attachée avec des vis au milieu de l'alidade :

l'alidade : cette piéce porte une charniére comme celle de la tête d'un compas ; au milieu de cette charniére & à angle droit eſt un cercle dans lequel paſſe juſte le tuyau de la lunette. Aux extrémités de l'alidade ſont attachées à vis deux piéces comme des pinules & qui ſont évidées en quarré long de la largeur du corps du tuyau de la lunette ; on paſſe la lunette dans ces trois piéces qui par ce moyen peut hauſſer ou baiſſer à telle hauteur qu'on ſouhaitera. La maniére de placer les verres & les filets qu'on poſe dans le tuyau de la lunette ſera expliquée ci-après en parlant du demi-cercle à lunette.

On place ordinairement une petite bouſſole quarrée pour orienter les plans qu'on attache avec deux vis au bord extérieur de l'alidade. On ne ſe ſert pas ordinairement de genou pour porter cette planchette, parce qu'elle eſt trop grande pour cela. Nous faiſons un piéd particulier qui eſt d'un fort bon uſage. La deſcription abrégée que nous allons en donner mettra aſſez au fait les perſonnes intelligentes. Ce piéd eſt compoſé de trois branches de bois de 4 pieds 3 pouces de longueur : à la hauteur de trois piéds on y ajuſte une piéce triangulaire auſſi de bois de trois pouces de large & de cinq pouces de hauteur, dans laquelle piéce on fait une entaille pour y placer à force une groſſe vis triangulaire de cuivre, qui ſert à ſerrer les trois bâtons avec de gros écrous auſſi de cuivre : la piéce triangulaire de bois eſt entaillée vers le haut pour retenir les trois bâtons qui ont été percés à la hauteur de trois pieds pour entrer dans la vis triangulaire de cuivre, de maniére que les trois bâtons qui par le moyen des entailles ne peuvent s'ouvrir que ſuivant leſdites entailles, demeurent ſtables ; le haut des trois bâtons s'ouvre en même tems & proportionnellement à leurs longueurs, & ſont coupés par les bouts, de maniére que la planchette qu'on poſe deſſus ſoit bien à plat : on y met de petites pointes de cuivre afin que la planchette ne gliſſe point. Il eſt à remarquer que ces bâtons ſont à pans, excepté à l'endroit où ils ſe joignent à la piéce triangulaire de bois où ils ſont plats par-deſſous pour être plus joints à ladite piéce & par-deſſus pour être plus ſerrés par les écrous. Aux bas deſdits bâtons ſont trois viroles où il y a une pointe de fer pour retenir le piéd ſur la terre. La petite figure I de la planche 14 donnera ſuffiſamment l'idée de ce piéd.

USAGE PREMIER.

Meſurer une largeur inacceſſible, comme celle du marais A B.

PLacez la planchette ſur ſon piéd à quelqu'endroit commode, comme en C, d'où vous puiſſiez aller en ligne droite vers les points A & B ; & d'un point comme C pris ſur la planchette dirigez la régle ou alidade avec ſes pinules, ſçavoir vers C A, puis tirez la ligne C D ſur la planchette, enſuite dirigez la régle vers C B, & tirez ſur la planchette la ligne C E. Fig. 7.

Meſurez avec la chaîne les longueurs C A, C B, (nous ſuppoſons que C A eſt de 36 toiſes, & C B de 30 :) placez-y deux piquets & racourciſſez proportionnellement ſur la planchette par le moyen d'une échelle les lignes C E, C D, en prenant 36 parties ſur l'échelle avec un compas pour les porter de C en E, & 30 parties pour les porter de C en D ;

tirez la ligne D E, & la longueur de cette ligne étant portée sur l'échelle, le nombre des parties vous fera connoître combien il y aura de toises du piquet A au piquet B, qui est la largeur du marais (suivant la 58me du 2).

USAGE II.

Lever la situation de plusieurs Villages.

Fig. 9. SOient proposés pour exemple les trois Villages marqués A,B,C. Choisissez un terrein où vous puissiez avoir une base de 4 à 500 toises & que de ses extrémités E G. vous puissiez découvrir les trois villages proposés. A l'une des extrémités de cette base, comme E, plantez un piquet & du point E pris sur la planchette dirigez les pinules de la régle vers les clochers ou les lieux les plus apparens de ces villages, & tirez des lignes ou rayons avec la régle sur la planchette & un autre rayon vers le point G, où il y aura aussi un piquet.

De ce dernier rayon faites une base sur la planchette que vous prendrez sur une des échelles qui réponde à celle que vous avez prise sur le terrein, & écrivez sur chaque rayon le nom du village où il est dirigé.

Transportez la planchette au piquet G & la tournez de maniére que la base *e g*, que vous avez tirée dessus, se trouve au-dessus de celle du terrein E G: puis du point G pris sur la planchette dirigez aussi des rayons vers les villages A, B, C; & les points *a b c*, où ils couperont les rayons de la premiére station, seront en distance avec leur base *e g*, comme les trois villages A, B, C, avec leur base E G. Pour bien réussir dans ces opérations, il faut en dirigeant les rayons visuels que la planchette soit toujours bien de niveau.

USAGE III.

Mesurer la hauteur d'une Tour, d'un Clocher ou d'un Bâtiment qui est à plomb sur un terrein bien de niveau.

XIII. Planche. Fig. 8. SOit la Tour ou le bâtiment A B. Posez la planchette bien à plomb par le moyen d'une ligne perpendiculaire qui est tracée derriére, au haut de laquelle on suspend un plomb avec sa soie en quelque lieu commode, par exemple en C; tirez sur cette planchette la parallele D H; du point D tracez le rayon D F vers l'extrémité du bâtiment B.

Prolongez ce rayon jusques sur le terrein en G; mesurez le nombre des piéds ou toises qu'il y a entre la distance A & G, & prenez sur votre échelle autant de parties que vous porterez sur la parallele D H, depuis le point D jusqu'en H: du point H élevez la perpendiculaire H F, & elle contiendra autant de petites parties de l'échelle que la ligne D H, & autant que la hauteur A B de la Tour ou du bâtiment contiendra de piéds ou toises (suivant la 53me du 2.) Ces trois usages suffiront pour mettre au fait de toutes les autres opérations, qu'on peut faire avec cét instrument.

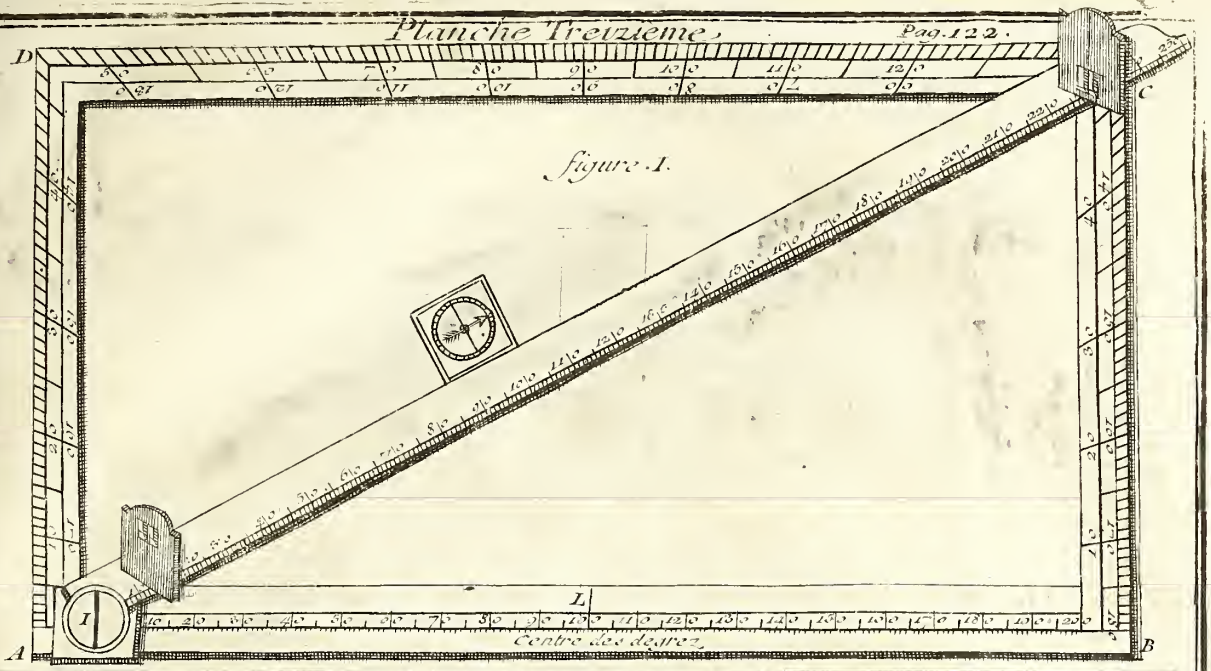


figure 1.
D
C
A
B
L
I
Centre des degrez

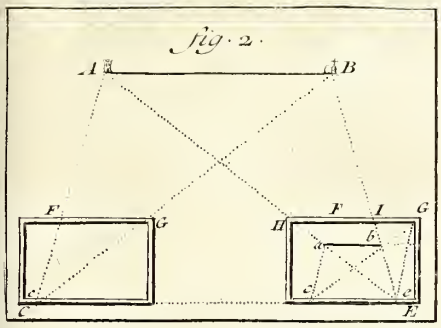


fig. 2.
A
B
F
G
H
I
C
E

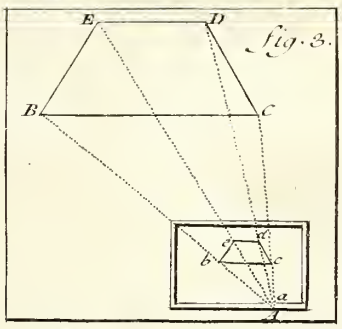


fig. 3.
E
D
B
C
a
b
c

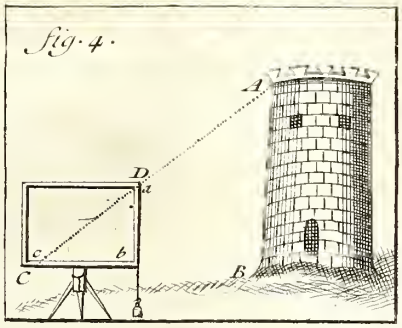


fig. 4.
A
D
a
c
b
C
B

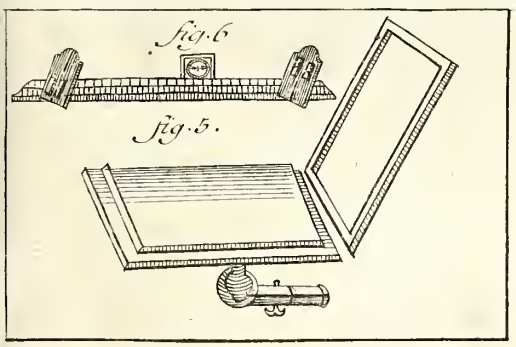


fig. 6
fig. 5.

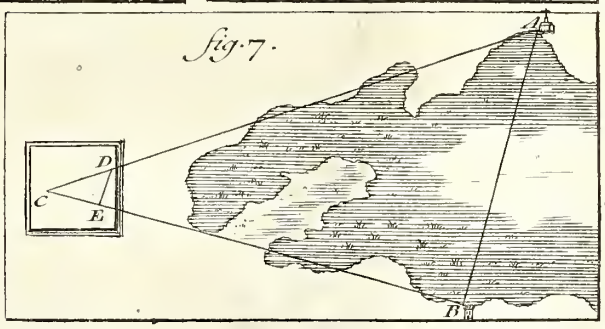


fig. 7.
A
D
C
E
B

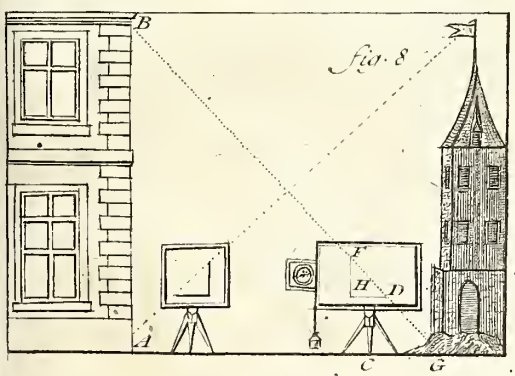


fig. 8
B
F
H
D
A
C
G

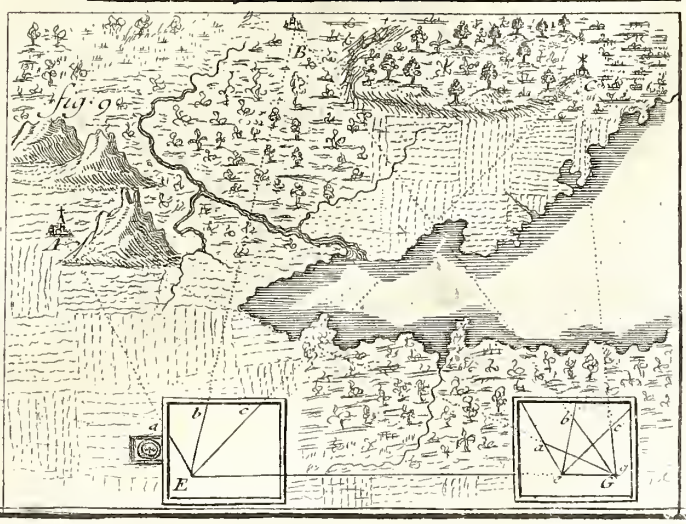


fig. 9
B
I
a
b
c
E
G

Conſtruction & uſages de la planchette ronde.

CEt inſtrument ſe fait de bois, de cuivre ou de toute autre matiére ſolide. Sa figure la plus ordinaire eſt la circulaire. On lui donne environ un piéd de diamétre. En ſon centre il y a un petit cylindre de cuivre élevé à plomb qui ſert de clou autour duquel tourne une régle ou alidade garnie de deux pinules ou d'une lunette. Cette régle doit avoir une ligne droite appellée ligne de foi, qui réponde exactement au centre du clou dont le haut doit être tourné en vis pour y recevoir un écrou qui ſerre la régle, à laquelle on attache une petite bouſſole pour orienter les plans. *XIV. Planche. Fig. A.*

Autour de la planchette il y a un cercle d'une épaiſſeur à contenir environ ſix cartons & d'une largeur convenable à recevoir les diviſions de 360 dégrés, & quelquefois les minutes de 5 en 5.

Il faut avoir pluſieurs cartons de la grandeur de la planchette, percés dans le milieu d'un trou égal à la groſſeur du pivot; on ſe ſert pour cela d'un emporte-piéce à peu près ſemblable à celui des ceinturiers, de ſorte qu'on puiſſe enfiler tous ces cartons & mettre la régle par-deſſus. Il faut auſſi que l'on puiſſe arrêter le carton de deſſus par le moyen d'une petite pointe qui ſoit attachée au bord de la planchette & qui entre un peu dans le carton. On marque ordinairement ſur chacun de ces cartons un rayon ou demi-diamétre à l'encre pour ſervir de ligne de ſtation.

Au-deſſous de la planchette on attache un genou, comme celui marqué D. Il eſt compoſé d'une boule de cuivre renfermée entre deux coquilles de même métal que l'on ſerre plus ou moins par le moyen d'une vis. La tige de ce genou qui eſt une virole s'emboëte autour d'un piéd à trois branches, qui s'écartent & ſe reſſerrent ſuivant l'inégalité du terrein.

La figure A de la planche 14 repréſente l'inſtrument tout monté. Nous allons donner la conſtruction des piéces qui le compoſent, en commençant par la diviſion de ſon bord ou limbe.

On y trace premiérement deux ou trois circonférences pour y marquer les dégrés avec les chifres de 10 en 10. On diviſe d'abord une de ces circonférences en quatre parties bien égales, dont chacune eſt de 90 dégrés que l'on diviſe en 3, & chacune encore en 3, & par ce moyen le cercle ſe trouve diviſé de 10 en 10 dégrés. On ſubdiviſe ces parties en deux, & enfin chacune en 5, & tout le cercle ſe trouve diviſé en 360 dégrés. On trace avec une régle à centre les lignes de ces diviſions dans les circonférences qui leur conviennent, puis on y marque les chifres de 10 en 10 en commençant par la ligne de foi de l'inſtrument, qui eſt celle où l'on attache les deux pinules fixes ou la lunette.

Une planchette ainſi diviſée eſt d'un uſage plus étendu que les ſimples planchettes dont le limbe n'eſt pas diviſé, car elle peut ſervir pour lever exactement les plans & meſurer les diſtances inacceſſibles par la Trigonométrie.

Les figures marquées B repréſentent les pinules qui ſe placent ſur les différens inſtrumens. Celle de laquelle on approche l'œil a une fente longue & étroite, qui doit être bien perpendiculairement fendue avec une ſcie mince, & celle qui eſt tournée vers l'objet a une ouverture quarrée aſſez large, afin de donner un grand champ pour appercevoir les environs de l'objet; au milieu de cette ouverture il y a un filet de cuivre très-délié &

limé bien droit, afin de couper verticalement l'objet & répondre juſte à la fente de l'autre pinule ; mais afin que l'on puiſſe indifféremment approcher l'œil de telle pinule que l'on veut, afin d'obſerver auſſi-bien d'un côté que de l'autre avec l'inſtrument ſur lequel elle eſt poſée, on fait à chaque pinule une fente étroite & un filet délicat, l'une au-deſſus & l'autre au-deſſous, comme les petites figures le montrent. On fait auſſi le plus ſouvent un petit trou entre le filet & la fente. Ces pinules doivent être exactement poſées aux extrémités & dans la ligne de foi auſſi-bien des inſtrumens que des alidades ; on les y attache ſoit dans des petits quarrés avec un écrou au-deſſous, ou bien par le moyen de vis ſuivant que la place le requiert.

La petite figure marquée C repréſente le cylindre qui ſert de clou avec ſon écrou pour joindre l'alidade à la planchette : ceux des demi-cercles & autres inſtrumens ſont faits à peu près de la même maniére, excepté qu'on les rive par-deſſous.

La figure marquée D repréſente le genou pour porter les inſtrumens. Il eſt compoſé d'une boule de cuivre renfermée entre deux coquilles de même métal qui ſont fraiſées, bien rondes, avec des boules d'acier trempées & taillées en maniére de lime ; ces coquilles ſont ſerrées plus ou moins par le moyen d'une vis & preſſent auſſi par ce moyen la boule qui eſt renfermée entre les deux coquilles dont une eſt ſoudée à une virole tournée, dans laquelle s'emboëte le piéd de l'inſtrument. Ce genou ſe fait de différentes groſſeurs ſuivant la grandeur des inſtrumens, & on les y attache avec des vis & une plaque qui eſt rivée au haut de la boule.

Uſage de la Planchette ronde.

POur lever la carte d'un pays choiſiſſez deux endroits éminens, comme ſont l'Obſervatoire & la Salpétriére, afin que de-là vous puiſſiez découvrir le pays proche de Paris dont il s'agit de faire la carte. Marquez d'abord
Fig. 1. autour du centre d'un de vos cartons le nom du lieu où vous prétendez faire la premiere ſtation : ce carton étant arrêté par la pointe qui eſt au bord de la planchette, mettez l'alidade par-deſſus en la ſerrant ſuffiſamment par le moyen de la vis & de ſon écrou.

Poſez la planchette ſur ſon piéd en lui donnant une ſituation à peu près horiſontale, en ſorte qu'elle demeure ferme quoiqu'on tourne l'alidade ; & la ſuppoſant plantée à l'Oſervatoire, mirez par les pinules de la régle le clocher de la Salpétriere, & marquez le long de la ligne de foi depuis le centre la ligne de ſtation.

Tournez enſuite l'alidade, pour obſerver par ſes pinules quelqu'objet remarquable, comme le clocher de Vaugirard, vers lequel il faut tracer une ligne ſur le carton le long de ladite alidade du côté qui répond au centre de l'inſtrument, & écrire le long de cette ligne le nom du lieu où vous avez miré.

Tournez encore la régle vers un autre objet, comme vers Mont-rouge, & faites la même choſe vers tous les autres lieux conſidérables que l'on peut appercevoir de l'Obſervatoire.

Levez la planchette de la premiére ſtation ayant bien remarqué ſa place & la tranſportez au lieu déſigné comme à la Salpétriere, alors faites meſurer exactement la diſtance entre ces deux ſtations ſur un terrein de niveau, dont vous marquerez le nombre de toiſes ſur votre carton, lequel vous tournerez pour en avoir un blanc ſous la régle, car il en faut changer

autant de fois que l'on fait de ſtations différentes pour obſerver les angles de poſition des lieux. Marquez autour du centre de ce nouveau carton le nom du lieu de la ſeconde ſtation, & ſur la ligne de baſe le nombre des toiſes meſurées, afin de vous ſouvenir que cette ligne eſt la même que celle du précédent carton. La planchette étant placée en ce lieu, diſpoſez-la de maniére qu'en mettant la ligne de foi de la régle ſur la ligne de ſtation, vous découvriez par ſes pinules le lieu de l'Obſervatoire où s'eſt faite la premiére ſtation.

L'inſtrument demeurant ferme en cette ſituation, tournez la régle pour mirer l'un après l'autre les mêmes objets qui ont été vûs de l'Obſervatoire, & tracez de même ſur le carton des lignes le long de la régle depuis le centre vers les lieux que vous pourrez voir en écrivant leurs noms ſur chaque ligne qui leur correſpond.

Si l'on ne peut voir des deux ſtations précédentes tous les lieux que l'on veut placer ſur la carte, il faudra choiſir quelqu'autre lieu d'où l'on puiſſe les obſerver & faire autant de nouvelles ſtations qu'il ſera néceſſaire pour voir chaque objet remarquable des deux endroits ſuffiſamment éloignés l'un de l'autre.

Pour repréſenter cette carte ſur une feuille de papier, tracez-y une ligne droite, longue à volonté pour ſervir de baſe commune & la diviſez en autant de parties égales que vous avez meſuré de toiſes ſur le terrein : d'une extrémité de la ligne comme centre décrivez des arcs de cercle égaux à ceux qui ont été tracés ſur le premier carton, de l'autre extrémité décrivez des arcs de cercle égaux à ceux qui ont été tracés ſur le ſecond carton & prolongez les lignes juſqu'à ce qu'elles ſe rencontrent ; alors les points où ces lignes ſe couperont, ſeront les points de poſition des lieux qui auront été obſervés.

On peut encore rapporter les ſtations plus facilement en poſant le centre du carton ſur le point, puis en marquant ſur le papier les extrémités des lignes du carton tirer des lignes depuis leurs ſtations.

Par le moyen de cette planchette on a tous les angles de poſition des lieux, où l'on peut pointer les pinules ou lunettes par rapport aux lieux où l'on a placé l'inſtrument, quand même on ne connoîtroit pas leur valeur en dégrés.

Ce que nous venons de dire eſt ſuffiſant pour l'uſage de la planchette par rapport aux poſitions des lieux pour la conſtruction des cartes de Géographie, parce que les opérations ſont les mêmes pour tous les différens endroits.

A l'égard de ſes uſages par rapport à la Trigonométrie, ce ſont les mêmes que ceux du demi-cercle & du quart de cercle dont nous parlerons au Chapitre V.

Conſtruction des Piéds à poſer les Inſtrumens en campagne.

NOus avons parlé du piéd ſimple pour porter les Equerres d'Arpenteur ; ceux dont nous allons donner la deſcription ſont faits pour n'être pas enfoncés en terre, mais s'étendre ou ſe reſſerrer ſelon que l'inégalité du terrein le requiert.

Le piéd marqué E eſt compoſé d'un platine en triangle qui porte dans ſon milieu une tige qui entre dans la virole du genou.

Au-deſſous de la platine ſont attachées trois viroles ou doüilles à charniére comme des têtes de compas, pour recevoir les trois bâtons ronds, d'une longueur convenable pour que l'œil de l'obſervateur ſoit environ vis-à-vis les pinules de l'inſtrument, quand il eſt monté; les extrémités de ces bâtons ſont garnies d'une virole de cuivre & d'une pointe de fer, afin de tenir ferme ſur la terre & de réſiſter au mouvement que l'on donne aux inſtrumens quand on les veut tourner, élever ou abaiſſer.

Le piéd marqué F eſt fait de quatre bâtons de chêne ou de noyer d'environ deux piéds de long, & dont celui du milieu que l'on nomme tige a ſon extrémité arrondie pour entrer dans la virole du genou. Le reſte de ce bâton eſt taillé en figure triangulaire, afin de recevoir ſur ſes trois faces les trois autres bâtons qui y ſont attachés par le moyen d'une vis en trois qui eſt attachée au bâton triangulaire & de trois écrous pour le tenir ferme quand on l'ouvre & pour s'en ſervir en campagne. Ces trois bâtons ſont garnis d'une virole & d'une pointe de fer, ils ſont plats en dedans & à trois faces en dehors.

Quand on veut porter ce piéd on réunit tous les bâtons enſemble, de ſorte qu'ils n'en ſont qu'un & ſont par ce moyen plus courts d'environ la moitié que quand on s'en ſert.

A l'un & à l'autre de ces piéds on accroche au milieu un fil avec ſon plomb, qui tombe ſur le terrein pour marquer le point de ſtation.

CHAPITRE V.

Contenant la conſtruction & les uſages du Quart de cercle & du Quarré Géométrique.

XIV. Planche. Fig. G.

LA figure marquée G repréſente un Quart de cercle & un Quarré géométrique avec ſon alidade & ſes pinules.

On le fait ordinairement de cuivre ou d'une autre matiére ſolide de 12 à 15 pouces de rayon, d'une épaiſſeur raiſonnable & bien dreſſé. Sa circonférence ſe diviſe premiérement en 90 dégrés, & chaque dégré ſe ſubdiviſe en autant de parties égales qu'il eſt poſſible de le faire ſans confuſion & de telle ſorte que les diviſions & ſubdiviſions de dégrés puiſſent être juſtes & bien diſtinctement marquées ſur le bord de l'inſtrument.

Pour cet effet on décrit premiérement deux circonférences ſur le bord du quart de cercle, l'une intérieure & l'autre extérieure, éloignées l'une de l'autre d'environ 8 ou 9 lignes, & après les avoir diviſées en dégrés, on tire des lignes tranſverſales entre ces deux circonférences du premier dégré au ſecond, du ſecond au troiſiéme, & ainſi de ſuite juſquau dernier.

Enſuite dequoi ſi l'on veut ſubdiviſer chaque dégré de 10 en 10 minutes, on décrit du centre de l'inſtrument 5 autres circonférences concentriques, qui coupent toutes les tranſverſales; mais ſi l'on vouloit ſubdiviſer cha-

que dégré de 5 en 5 minutes, il faudroit écrire onze circonférences concentriques entre les deux extrémités.

Les distances entre ces circonférences ne doivent pas être tout-à-fait égales à cause que l'étendue d'un dégré prise dans la largeur du bord forme une espéce de trapèze plus large vers la circonférence extérieure & plus étroite vers l'extérieure, ce qui fait que la circonférence moyenne qui divise chaque dégré en deux parties égales doit être un peu plus près de la circonférence intérieure que de l'extérieure, & les autres à proportion.

Pour faire exactement ces subdivisions les transversales doivent être des lignes courbes comme B C D, que l'on décrit en faisant passer une portion de circonférence par le centre du quart de cercle B, par le commencement du premier dégré marqué D sur le bord en la circonférence intérieure, & par la fin du même dégré C en la circonférence extérieure; ce qu'il est facile d'exécuter par l'usage 18 du premier Livre, qui enseigne à faire passer la circonférence d'un cercle par trois points donnés: & par ce moyen l'on trouvera le point F pour centre de la transversale courbe qui passe par le premier dégré. Fig. H.

On divise ensuite une de ces lignes courbes transversales en parties égales; & du centre de l'instrument on trace autant de circonférences concentriques qu'il en faut pour subdiviser chaque dégré en autant de parties égales qu'il est possible de le faire sans confusion.

La raison de cette opération est que la transversale courbe étant divisée en parties égales, si du centre de l'instrument vous menez par tous les points de division de cet arc des lignes droites, vous aurez audit centre autant d'angles égaux entre eux, puisqu'ils seront tous dans la circonférence d'un même cercle & qu'ils s'appuieront tous sur des arcs égaux; & les côtés de ces angles étant continués diviseront le dégré en autant de parties égales.

Mais comme ce n'est pas une petite peine de trouver les centres de 90 arcs qui passent chacun par trois points semblables à B D C, & que d'ailleurs il est évident que tous les centres de ces arcs doivent être placés dans la circonférence d'un cercle, qui ait le point B pour centre, puisque tous ces arcs passent par le point B, il n'y a qu'à décrire un cercle du centre B & de l'intervale B F, & diviser sa circonférence en 360 dégrés sur lesquels posant l'un après l'autre le pied immobile du compas, vous décrirez avec la même ouverture F B tous les arcs semblables à B D C entre les cercles A C, D E, & les arcs de cercle qui seront les transversales diviseront pareillement en dégrés les circonférences qui sont au bord de l'instrument. Il est à remarquer que la figure n'est divisée que de 5 en 5 dégrés, étant trop petite pour qu'elle pût être divisée de dégrés en dégrés.

On peut encore tracer les transversales courbes de cette autre maniére, sans transférer le pied immobile du compas sur tous les dégrés l'un après l'autre: Tenez la pointe du compas immobile dans un seul & même point comme F; mais en ce cas il faudra faire avancer par dégrés l'instrument que vous voulez diviser autour du centre d'un grand cercle déja divisé par dégrés par le moyen d'une régle, laquelle lui sera fortement attachée & qui s'étend jusques sur la division du cercle.

Les Ouvriers adroits pourront abréger leur travail en ajustant une régle

d'acier mince ſuivant la courbure de la premiére tranſverſale qu'ils auront tracée, & par ce moyen ils pourront tracer toutes les autres.

Si l'on veut tirer les tranſverſales en lignes droites d'un dégré à l'autre, on peut trouver par le calcul de la Trigonométrie rectiligne la longueur des rayons de chacune des circonférences qui coupent les tranſverſales, dont voici un exemple.

Je ſuppoſe un quart de cercle ayant ſix pouces de rayon qui eſt un des plus petits que l'on ait coutume de diviſer par des tranſverſales. Je ſuppoſe auſſi une échelle de mille parties égales, & que la largeur du bord de ce quart de cercle entre la circonférence intérieure & l'extérieure ſoit de 9 lignes, leſquelles correſpondent à 125 des mêmes parties égales dont le rayon en contient mille ; je trouve par le calcul que la tranſverſale droite tirée d'un dégré à l'autre qui ſuit eſt de 126 des mêmes parties, & que le rayon de la circonférence intérieure qui eſt de 5 pouces & de 3 lignes, en contient 875.

L'angle obtus fait de ce rayon & de la tranſverſale eſt de 172 dégrés 2 minutes, & calculant enſuite la longueur de chaque rayon des circonférences qui coupent les tranſverſales & qui les diviſent de 10 en 10 minutes, je trouve que le rayon de 10 minutes contient 894 des mêmes parties, au lieu de 896 qu'il contiendroit, ſi l'on diviſoit la largeur du bord du quart de cercle en 6 parties égales. Le rayon de 20 minutes en doit contenir 913, au lieu qu'il en auroit 947. Le rayon de 30 minutes en doit contenir 933 au lieu de 938. Le rayon de 10 minutes en doit contenir 954 au lieu de 959. Enfin le rayon de 50 minutes en doit contenir 977, au lieu de 980 qu'il auroit ſi l'on diviſoit la largeur du bord de ce quart de cercle en ſix parties égales.

La plus grande erreur qui eſt de cinq parties répond à environ un tiers de ligne, ce qui pourroit cauſer une erreur de 2 minutes. Mais cette erreur diminue à proportion que le rayon du quart de cercle a de longueur comparé aux tranſverſales, de ſorte que l'erreur eſt moindre de moitié, ſi le rayon du quart de cercle étant d'un piéd, la largeur du bord entre les deux circonférences extrêmes n'eſt que de 9 lignes.

Ce que nous venons de dire pour la diviſion du quart de cercle ſe doit entendre de même pour les planchettes, le cercle, le demi-cercle & toutes portions de cercle que l'on veut diviſer en minutes.

A l'égard du quarré géométrique, chaque côté ſe diviſe en cent parties égales en commençant par les extrémités, afin que le centiéme nombre finiſſe à l'angle de 45 dégrés. On diſtingue ces diviſions par de petites lignes de 5 en 5 & par des chifres de 10 en 10. Toutes ces diviſions étant prolongées de part & d'autre forment un petit treillis qui contient en ſa ſurface dix mille petits quarrés égaux.

Ce quart de cercle eſt garni de deux pinules immobiles attachées à un de ſes demi-diamétres, d'un fil avec ſon plomb ſuſpendu au centre, & d'une alidade mobile avec deux autres pinules, laquelle eſt attachée au centre par le moyen d'un clou à tête tourné à peu près comme celui de la planchette. Les pinules ſont preſque de la même façon que celle de la figure B.

Au lieu des pinules immobiles on attache quelquefois à un des rayons du quart de cercle une lunette de longue vûe, & l'on cherche enſuite le premier

mier point de diviſion de la circonférence en la maniére expliquée ci-après dans le Traité du Quart de cercle aſtronomique : car pour celui-ci, nous le deſtinons principalement à meſurer ſur la terre les hauteurs & diſtances tant acceſſibles qu'inacceſſibles.

A la ſurface inférieure de ce Quart de cercle on attache avec trois vis un genou, par le moyen duquel il peut être ſitué en toutes les poſitions convenables à ſes différens uſages. Ce genou eſt le même que celui marqué D.

Cet Inſtrument ſe met en uſage en différentes ſituations ; car premiérement il peut être diſpoſé en ſorte que ſon plan faſſe angles droits avec l'horiſon, afin de pouvoir obſerver les hauteurs & profondeurs ; ce qui ſe peut encore faire en deux maniéres différentes, ſçavoir en ſe ſervant des pinules immobiles & du fil avec ſon plomb, & pour lors aucun de ſes demi-diamétres ne ſe trouve paralléle au plan de l'horiſon ; ou bien en ſe ſervant des pinules attachées à l'alidade mobile ; & pour lors il faut toujours qu'un des demi-diamétres du Quart de cercle ſoit parallele à l'horiſon & que l'autre lui ſoit perpendiculaire ; ce qui ſe peut faire par le moyen du plomb ſuſpendu au centre, au moyen dequoi les pinules immobiles ſont inutiles.

Enfin ce Quart de cercle ſe peut placer de maniére que ſon plan ſoit à peu près paralléle à l'horiſon, pour obſerver les diſtances horiſontales avec l'alidade mobile & les pinules immobiles, & pour lors le fil avec ſon plomb n'eſt pas d'uſage.

Uſage du Quart de cercle avec deux pinules immobiles & un plomb ſuſpendu au centre.

Premiérement par les degrés.

POur obſerver les hauteurs, comme celle d'un Aſtre au ciel ou la hauteur d'une Tour, placez le Quart de cercle verticalement ; mettez l'œil ſous la pinule immobile qui eſt vers la circonférence du Quart de cercle, & dirigez l'inſtrument de maniére que le rayon viſuel paſſant par les ouvertures des deux pinules, tende au point de l'objet propoſé ; à l'égard du ſoleil il ſuffit qu'un de ſes rayons paſſe par les deux petits trous qui doivent être percés au bas des pinules.

L'arc de la circonférence compris entre le fil du plomb & le demi-diamétre où ſont attachées les pinules marque le complément de la hauteur de l'Aſtre ſur l'horiſon ou ſa diſtance du zénith : l'arc compris entre le fil & l'autre demi-diamétre qui eſt vers l'objet, marque ſa hauteur ſur l'horiſon.

Ce même arc détermine auſſi l'ouverture de l'angle fait par le rayon viſuel & la ligne horiſontale paralléle à la baſe de la Tour.

Mais pour obſerver des profondeurs comme celle d'un Foſſé ou d'un Puits, il faut mettre l'œil au-deſſus de la pinule qui eſt vers le centre du Quart du cercle.

Toute l'opération conſiſte à calculer des triangles par des Régles de Trois formées de la proportion des ſinus des angles à leurs côtés oppoſés ſuivant les préceptes de la Trigonométrie rectiligne, dont voici les régles principales.

Régle générale & premiére. En tout triangle ſi l'on connoît un angle & deux côtés dont un ſoit oppoſé à l'angle connu, on connoît le reſte du triangle. Ou bien en tout triangle ſi l'on connoît deux angles &

un côté opposé à un angle connu, on connoît encore le reste du triangle.

Observez que les analogies donnent toujours l'angle cherché aigu, lequel cependant doit être obtus, s'il est opposé au plus grand côté du triangle ; & si d'ailleurs les deux autres angles n'en font pas ensemble un droit, alors l'angle aigu trouvé est le complément de l'obtus.

XIV. Planche Fig. 2. *Deuxiéme régle.* En tout triangle rectangle les deux côtés qui forment l'angle droit étant connus, on connoît les deux autres angles aigus du même triangle par cette analogie : Comme le côté B C de 47 pieds est au sinus total ; ainsi le côté A C de 33 pieds & demi est à la tangente de l'angle B : le quatriéme terme étant cherché à la colonne des tangentes dans les Tables des sinus, il donnera l'angle B dont le complément sera l'angle A.

Troisiéme régle. Les deux côtés d'un triangle rectangle étant donnés, on en trouve l'hypoténuse par la premiére régle ci-dessus, parce que l'angle opposé à l'hypoténuse est connu, puisqu'il est supposé droit.

Quatrieme régle. En tout triangle rectangle l'hypoténuse étant donnée avec un autre côté, on trouve l'un des deux autres angles par la premiére régle ci-dessus, ou bien en ôtant du quarré de l'hypoténuse le quarré de l'autre côté donné ; ensorte que la racine quarrée du restant donnera le troisiéme côté cherché.

Cinquieme régle. Dans un triangle obliquangle deux côtés étant donnés avec l'angle qu'ils forment, on connoît les autres angles.

Sixiéme regle. Dans un triangle obliquangle deux côtés étans connus avec l'angle qu'ils comprennent ou qu'ils forment, on trouve tout le reste du triangle, c'est-à-dire, les deux autres angles, par la cinquiéme & précédente régle ; & le troisiéme côté, par la premiére.

Septiéme régle. Dans un triangle obliquangle les trois côtés étant connus, on en connoît tous les angles en le réduisant en deux triangles rectangles par une perpendiculaire qu'on imagine tomber du sommet d'un angle sur son côté opposé. On choisit ordinairement le plus grand angle ; & alors le côté qui lui est opposé sur lequel tombe la perpendiculaire, est aussi le plus grand côté du triangle. Mais nous nous servirons ici de la *Pratique de tracer une perpendiculaire &c.* suivant laquelle pratique il faut que dans le triangle obliquangle L K F l'angle L cherché devienne un des angles aigus du triangle rectangle L K, & que le point où tombera la perpendiculaire de K soit sur L F, comme par la susdite *pratique.* Ou autrement par cette analogie : Comme le côté L F (30 pieds) est à la somme des deux autres (70 pieds) ainsi la différence des deux mêmes côtés (10 pieds) est à une 4me grandeur proportionnelle aux trois autres données, laquelle sera trouvée de 23 pieds & un tiers. On prendra ensuite la différence, 6 pieds deux tiers, entre cette 4me proportionnelle & le côté L F pris pour base, & la moitié de cette différence (qui est trois pieds & un tiers) sera le côté de l'autre triangle rectangle K F ; & le point où finiront les 3 pieds & un tiers depuis F vers L, terminera le plus petit des deux triangles rectangles qui composent tout l'obliquangle, & 26 pieds deux tiers feront la base du grand triangle rectangle sous l'hypoténuse L K, depuis L jusqu'où la perpendiculaire coupe la ligne L F ; cela étant fait on connoîtra les hypoténuses & les angles droits de chaque triangle rectangle ;

XI. Planche Fig. 7.

ce qui ſuffit pour connoître par la premiere *Regle* ci-deſſus les angles L & F, dont le complément eſt l'angle K.

Huitiéme régle. Les angles d'un triangle obliquangle étant connus, on en connoît l'eſpéce & la forme; mais on n'en ſçauroit connoître les côtés.

USAGE PREMIER.

SOit propoſée à connoître la hauteur de la Tour A B dont le pied eſt acceſſible. *XIV. Planche. Fig. 20.*

Ayant planté le pied de votre inſtrument au point C, regardez le ſommet de la Tour A par les deux pinules immobiles; & le fil du plomb ſuſpendu librement s'arrêtera ſur le nombre des dégrés & déterminera la valeur de l'angle qui ſe fait au centre du Quart de cercle par le rayon viſuel & la ligne horiſontale paralléle à la baſe de la Tour en comptant les dégrés compris entre le fil & le demi-diamétre qui eſt du côté de la Tour.

Suppoſé donc que ce fil ſoit arrêté ſur 35 dégrés 35 min. & qu'ayant meſuré exactement avec la chaîne ſur le terrein de niveau la diſtance du pied de la Tour juſqu'au lieu où s'eſt faite l'obſervation, on ait trouvé 47 pieds, on aura trois choſes connues, ſçavoir le côté meſuré B C & les angles du triangle A B C; car comme on ſuppoſe toujours les murs bâtis à plomb, l'angle B eſt droit ou de 90 dégrés, & par conſéquent les deux angles aigus A & C valent enſemble 90 dégrés, puiſque les trois angles de tout triangle rectiligne ſont égaux à deux droits.

Or l'angle obſervé eſt de 35 dégrés 35 minutes. Donc l'angle A eſt de 54 dégrés 25 minutes, enſuite dequoi vous formerez cette analogie: Si le ſinus de 54 dégrés 25 minutes donne 47 pieds, que donnera le ſinus de 35 dégrés 35 minutes?

Le calcul étant fait, on trouvera 33 pieds & demi pour 4me terme de la Régle de trois, auquel nombre ajoûtant cinq pieds pour la hauteur du centre du Quart de cercle, (ce qui eſt ordinairement la hauteur de l'œil d'un homme qui obſerve au-deſſus d'un terrein) on aura 38 pieds & demi pour la hauteur de la Tour propoſée.

USAGE II.

SOit propoſée à connoître la hauteur de la Tour inacceſſible D E.

Il faut en ce cas faire deux obſervations, comme je vais l'expliquer.

Placez le pied de votre Quart de cercle au point F, & regardant le ſommet de la Tour D par les deux pinules immobiles, remarquez ſur quel dégré s'arrête le fil du plomb que je ſuppoſe être arrêté ſur 34 dégrés; levez enſuite l'Inſtrument avec ſon pied, à la place duquel vous planterez un piquet; reculez-vous ſur un terrein de niveau pour placer une ſeconde fois le pied de l'Inſtrument, comme au point G, en ſorte que le piquet laiſſé au point F ſoit dans le même alignement que la Tour, & regardant par les deux pinules immobiles le ſommet de ladite Tour D, remarquez le point de la circonférence du Quart de cercle marqué par le fil du plomb, lequel je ſuppoſe être de 20 dégrés; meſurez auſſi très-exactement la diſtance entre les deux ſtations, laquelle je ſuppoſe de 9 toiſes ou 54 pieds.

Cela étant fait, vous connoîtrez tous les angles du triangle D F G &

de plus le côté mesuré F G ; & par ce moyen il sera facile de trouver le côté D F, ensuite le côté D E en faisant les analogies suivantes.

L'angle E F D étant trouvé de 34 dégrés, l'angle de suite D F G sera de 146 ; & l'angle G ayant été trouvé de 20 dégrés, il s'ensuit que l'angle FD G est de 14. C'est pourquoi vous direz : Si le sinus de 14 dégrés donne 54 pieds, que donnera le sinus de 20 dégrés ? Et le calcul étant fait, on trouvera 76 pieds & environ un tiers pour le côté D F. Après quoi il faut calculer le triangle rectangle D E F duquel on connoît déja tous les angles & l'hypotenuse D F. C'est pourquoi on dira : Si le sinus total donne 76 pieds & un tiers, que donnera le sinus de 34 dégrés ? Et le calcul étant fait, on trouvera 42 pieds deux tiers pour le côté D E, auquel ajoûtant cinq pieds pour la hauteur du centre du Quart de cercle au-dessus du terrein, on aura 47 pieds deux tiers pour la hauteur de la Tour proposée.

Ces calculs se font bien plus promptement par les Logarithmes que par les nombres ordinaires, puisque le tout se résout par addition & soustraction, comme il est expliqué plus amplement dans les Livres qui traitent de la Trigonométrie.

Ces propositions & toutes autres de même nature se peuvent aussi résoudre sans calcul, en faisant sur le papier des triangles semblables à ceux qui se forment sur le terrein.

Ainsi pour résoudre la présente question, faites une échelle de 10 toises, c'est-à-dire, tracez la ligne droite A B assez longue pour que la division en soit exacte ; divisez-la en 10 parties égales, & subdivisez une desdites parties en 6 pour avoir une toise divisée en pieds. Fig. 2.

Tirez ensuite la ligne indéterminée E G ; faites avec un Rapporteur au point G un angle de 20 dégrés & tirez la ligne indéterminée G D ; portez de G en F 9 toises ou 54 pieds pris sur votre échelle ; faites au point F un angle de 34 dégrés & tirez la ligne F D, laquelle coupera la ligne G D en un point, comme D, duquel vous abaisserez la perpendiculaire D E, qui représentera la hauteur de la Tour proposée ; & mesurant cette ligne D E sur l'échelle, vous trouverez qu'elle contient 47 pieds 8 pouces. Fig. 3.

Tous les autres côtés de ces triangles se mesureront sur la même échelle.

USAGE III.

Connoître la largeur d'un puits ou d'un fossé dont on peut mesurer la profondeur.

SOit proposée à mesurer la largeur du fossé C D, dont on peut approcher.

Placez le Quart de cercle sur le bord au point A, en sorte que par les ouvertures des pinules immobiles vous puissiez voir le fond du fossé au pied de l'autre bord D. Examinez quel angle est marqué par le fil du plomb que je suppose en cet exemple de 63 dégrés. Mesurez la profondeur A C, depuis le centre du Quart de cercle, laquelle je suppose de 25 pieds & perpendiculaire. Faites ensuite un petit triangle rectangle semblable dont un des angles aigus soit de 63 dégrés (dont par conséquent l'autre sera de 27) & que le plus petit côté soit de 25 parties égales prises sur une échelle ; mesurez enfin sur cette même échelle le côté C D du petit Fig. 4.

triangle, & vous verrez qu'il ſera d'environ 49 parties, ce qui fait juger que la largeur du foſſé propoſé eſt de 49 pieds.

Uſage du Quarré géométrique.

LE Quart de cercle étant bien placé verticalement & les pinules dirigées vers le haut de la Tour propoſée à meſurer, ſi le fil du plomb coupe le côté du quarré où eſt marqué *ombre droite*, la diſtance du pied de la Tour au point de ſtation eſt moindre que ſa hauteur; ſi le fil tombe le long de la diagonale du quarré, la diſtance eſt égale à la hauteur; mais ſi le fil coupe le côté du quarré où eſt marqué *ombre verſe*, la diſtance de la Tour eſt plus grande que ſa hauteur. Fig. G.

Ayant donc meſuré la diſtance du pied de la Tour au lieu où ſe fait l'obſervation, on en trouvera la hauteur par le moyen de la Régle de proportion dont ou aura trois termes connus, mais leur diſpoſition n'eſt pas toujours la même; car lorſque le fil coupe le côté du Quarré où eſt marqué *ombre droite*, le premier terme de la Régle de trois doit être la partie dudit côté coupée par le fil; le ſecond terme ſera le nombre entier du côté du Quarré géométrique, & le troiſiéme terme la diſtance meſurée.

Lorſque le fil coupe le côté du Quarré où eſt marqué *ombre verſe*, le premier terme de la Régle de trois doit être le côté entier du Quarré géométrique; le ſecond terme la partie du côté coupée par le fil; & le troiſiéme la diſtance meſurée.

Suppoſons qu'ayant obſervé le haut d'une Tour, le fil du plomb ait coupé le côté d'*ombre droite* au point, par exemple, marqué 40, & que la diſtance meſurée ſoit de vingt toiſes, je diſpoſe la Régle de proportion en la maniére ſuivante. [40. 100. 20.

Multipliant 20 par 100, & diviſant le produit 2000 par 40, on trouvera pour quatriéme terme de cette régle, 50, qui ſignifie que la hauteur de la Tour eſt de 50 toiſes.

Mais ſi le fil du plomb a coupé le côté d'*ombre verſe* comme au point marqué 60, & que la diſtance meſurée ſoit de 35 toiſes, diſpoſez les trois premiers termes de la Régle de proportion en cette autre maniére. [100. 60. 35.

Multipliez 35 par 60, & le produit 2100 étant diviſé par 100, le quotient 21 ſera la hauteur de la Tour.

Uſage du Treillis ſans calcul.

TOutes ces opérations ſe peuvent réſoudre ſans calcul, comme nous allons le faire voir par quelques exemples.

USAGE PREMIER.

SUppoſons, comme nous avons déja fait, que le fil du plomb coupe le côté d'*ombre droite* au point marqué 40, & que la diſtance meſurée ſoit de 20 toiſes; cherchez dans le Treillis celle des perpendiculaires au rayon qui ſoit de vingt parties depuis le fil; & cette perpendiculaire coupera le côté du Quarré qui aboutit au centre au point marqué 50; c'eſt pourquoi la hauteur de la Tour ſera en ce cas de 50 toiſes.

On diviſe quelquefois l'alidade mobile en parties égales à celles du treillis, & par ce moyen on peut connoître la longueur de l'hypotenuſe ou rayon viſuel en rapportant l'alidade diviſée à la place du fil.

USAGE II.

MAis ſi le fil coupoit le côté d'*ombre verſe* au point marqué 60 & que la diſtance meſurée fût de 35 toiſes, comptez ſur le rayon du Quart de cercle depuis le centre 35 parties ; comptez auſſi les diviſions de la perpendiculaire depuis ce point 35 juſqu'au fil, & vous y trouverez 21 parties. C'eſt pourquoi en ce cas la hauteur de la Tour ſeroit de 21 toiſes.

Souvenez-vous qu'en tous les cas il faut ajoûter la hauteur du centre de l'Inſtrument au-deſſus du terrein. Si cette hauteur eſt, par exemple, de cinq pieds, la hauteur de la Tour dans le dernier exemple ſera de vingt-une toiſes cinq pieds.

USAGE III.

Connoître avec le Treillis une hauteur inacceſſible.

POur cet effet il faut faire deux ſtations & meſurer la diſtance entre les deux ſtations ; mais il y a trois cas à obſerver.

PREMIER CAS.

Où le côté d'ombre droite eſt coupé toutes les deux fois par le fil du plomb.

SUppoſons qu'à la premiére obſervation le fil coupe le côté d'*ombre droite* en un point, par exemple, au point marqué 30, & que s'étant reculé de 20 toiſes en place bien de niveau au premier point, ce fil coupe le même côté d'*ombre droite* au point 70 ; marquez la poſition du fil en ces deux ſtations en traçant ſur le treillis une ligne de crayon depuis le centre juſqu'audit point 30, & une autre juſqu'au point marqué 70 ; & cherchez entre ces deux lignes une portion de paralléle qui ſoit d'autant de parties que la diſtance meſurée contient de toiſes, c'eſt-à-dire, 20 en cet exemple ; ladite parallele étant continuée conviendra au nombre 50 compté depuis le centre. C'eſt pourquoi la hauteur de la Tour obſervée ſera de 50 toiſes. On connoîtra auſſi par le méme moyen que la diſtance du pied de la Tour juſqu'à la premiére ſtation qui n'avoit pû être meſurée, eſt de 15 toiſes ; parce qu'il y a 15 parties compriſes ſur la paralléle entre le nombre 50 & la ligne de crayon de la premiére ſtation.

Au lieu de tirer des lignes de crayon, on pourroit ſe ſervir de deux fils tendus depuis le centre, dont l'un ſeroit celui où eſt attaché le plomb.

SECOND CAS.

Où le côté d'ombre verſe eſt encore coupé toutes les deux fois par le fil du plomb.

SUppoſons qu'en la premiére ſtation le fil du plomb coupe le côté d'*ombre verſe* au point marqué 80, & que s'étant reculé en place unie de 15 toiſes, le fil coupe le même côté d'*ombre verſe* au point 50; marquez ſur le treillis les deux différentes poſitions du fil par deux lignes de crayon ou autrement, & cherchez entre ces deux lignes une portion de paralléle qui contienne autant de parties que la diſtance meſurée contient de toiſes, comme en cet exemple, 15 parties à cauſe de 15 toiſes de diſtance ſuppoſée entre les deux ſtations; à ces 15 parties ajoûtez-en 25, qui ſont la continuation de la même paralléle juſqu'au côté du Quarré qui aboutit au centre, ce qui fait en tout 40 parties; c'eſt pourquoi la diſtance de la Tour juſqu'au point de la ſeconde ſtation eſt de 40 toiſes. Pour avoir ſa hauteur cherchez ſur le côté du Quarré qui aboutit au centre, le nombre 40 qui eſt celui de ſa diſtance, & comptez depuis ce nombre juſqu'à la premiére ligne de crayon les parties de la paralléle, qui en cet exemple ſe trouveront au nombre de vingt. C'eſt pourquoi la hauteur de ladite Tour eſt de vingt toiſes, en y ajoutant toujours, comme nous avons déja dit, la hauteur du centre du Quart de cercle par-deſſus le terrein.

TROISIE'ME CAS.

SI dans une des ſtations le fil tombe le long de la diagonale du Quarré, & que dans l'autre il coupe le côté d'*ombre droite*, il faut faire la même choſe que ſi le côté d'ombre droite avoit été coupé toutes les deux fois par le fil du plomb.

Mais ſi le fil tombe le long de la diagonale à une des deux ſtations, & qu'il coupe le côté d'*ombre verſe* en l'autre ſtation; il faut faire comme ſi toutes les deux fois le côté d'ombre verſe avoit été coupé par le fil.

La raiſon de tout ceci, eſt qu'il ſe fait toujours ſur le treillis un petit triangle ſemblable au grand qui ſe fait ſur la terre, quoique diverſement poſé. La ligne marquée par le fil du plomb repréſente toujours le rayon viſuel; les deux autres côtés du petit triangle qui font angle droit repréſentent la hauteur de la Tour & ſa diſtance; quand le fil du plomb coupe le côté d'ombre droite, la hauteur eſt repréſentée par les diviſions du côté qui part du centre; mais quand le fil coupe le côté d'ombre verſe, la diſtance eſt repréſentée par les diviſions du côté du treillis qui part du centre, & la hauteur par la perpendiculaire qui convient au nombre de la diviſion dudit côté.

USAGE IV.

Pour connoître une profondeur comme celle d'un puits ou d'un fossé.

IL en faut mesurer la largeur & voir le fond par les ouvertures des deux pinules immobiles, de sorte que d'une seule vûe on voye le bord intérieur d'en-haut qui est devers soi, & l'oppositе d'un bas où touche l'eau. Alors le fil coupera la paralléle correspondante au nombre des pieds ou toises de la largeur du puits que l'on suppose avoir été mesurée; & le nombre de la perpendiculaire où aboutira cette parallele, déterminera la profondeur, dont il faudra soustraire la hauteur du centre de l'Instrument au-dessus du bord du puits.

On trouvera de même la largeur d'un fossé dont on pourra mesurer la profondeur.

Pour bien entendre tout ceci, il est bon d'avoir en main le Quarré géométrique avec son treillis.

Usage du quart de cercle en se servant de l'alidade mobile avec ses pinules pour mesurer les hauteurs & profondeurs.

PLacez le Quart de cercle de sorte que son plan fasse angle droit avec l'Horison, & qu'un de ses rayons ou demi-diamétres soit exactement paralléle audit Horison, ce qui sera lorsque le fil du plomb librement suspendu tombera le long de l'autre demi-diamétre.

En cette situation les deux pinules immobiles ne sont d'aucun usage; à moins que l'on ne voulût s'en servir pour observer la distance de deux étoiles, pour lors il faut incliner le Quart de cercle en dirigeant les pinules immobiles vers un astre, & les pinules mobiles vers l'autre; & l'arc compris entre deux donnera leur distance. D'où l'on peut conclure la diversité de leurs aspects.

S'il s'agit d'observer une hauteur, le centre de l'Instrument doit être au-dessus de l'œil; mais si l'on observe une profondeur, il faut que l'œil soit au-dessus du centre.

USAGE PREMIER.

Pour observer une hauteur comme celle d'une Tour dont le pied est accessible.

AYant placé le Quart de cercle de la maniére que nous venons de dire, tournez l'alidade de sorte que vous puissiez voir le sommet de la Tour par les ouvertures des pinules; & l'arc de la circonférence du Quart de cercle compris entre le demi-diamétre paralléle à l'Horison & la Ligne de foi de l'alidade marqueront l'ouverture de l'angle qui se fait au centre de l'Instrument. Si ensuite on mesure exactement la distance du pied de la Tour au lieu où est placé l'Instrument, on aura trois choses connues dans le triangle à mesurer, sçavoir la base & les deux angles faits à ses extrémités,

extrémités, dont l'un est toujours droit, puisqu'on suppose la Tour bâtie & dressée à plomb, & l'autre angle égal à celui que fait la ligne de foi de l'alidade avec le demi-diamétre paralléle à l'Horison; le reste se trouvera par les régles de la Trigonométrie rectiligne, comme nous avons dit ci-devant; ou bien sans calcul en traçant sur le papier des triangles semblables à ceux qui se font sur le terrein; ou bien par le quarré géométrique en observant que dans cette position du quart de cercle le côté d'*ombre droite* doit toujours être paralléle à l'Horison, & le côté d'*ombre verse* lui doit être perpendiculaire.

USAGE II.

Pour connoître par le moyen du Treillis la hauteur d'une Tour soit accessible ou inaccessible.

EN cette situation du quart de cercle il se forme toujours sur le Treillis des petits triangles semblables, dont les côtés homologues sont paralléles & semblablement posés à ceux des grands triangles qui se forment sur la terre; ce qui rend les opérations plus simples & plus faciles que dans l'autre situation du quart de cercle, comme nous allons l'expliquer en faisant trois différentes suppositions selon les différens cas qui peuvent se rencontrer.

PREMIER CAS.

SUpposons qu'ayant observé par les ouvertures des pinules de l'alidade vous voyiez que le haut d'une Tour dont le pied est accessible, la ligne de foi coupe le côté d'*ombre droite* au point, par exemple, marqué 40, & que la distance du pied de la Tour soit de 20 toises, cherchez entre les paralléles à l'Horison depuis celle qui passe par le centre jusqu'à l'alidade la paralléle qui est de vingt parties, à cause des vingt toises de distance supposée, & vous verrez qu'elle aboutit au nombre 50, du côté perpendiculaire du quarré compté depuis le centre; d'où vous jugerez que la hauteur de cette Tour est de 50 toises au-dessus du centre du quart de cercle.

SECOND CAS.

SUpposons que dans une autre observation l'alidade coupe le côté d'*ombre verse* au point marqué 60, & que la distance mesurée soit de 35 toises; comptez depuis le centre du quart de cercle le long du côté paralléle à l'Horison 35 parties pour les 35 toises de distance, & de ce point comptant les parties de la perpendiculaire jusqu'à l'intersection de la ligne de foi, vous trouverez 21; ce qui doit faire juger que la hauteur de la Tour proposée à mesurer est de 21 toises.

TROISIE'ME CAS.

SUpposons enfin que le pied de la Tour soit inaccessible & qu'il faille faire deux stations, comme nous avons dit ci-devant, on peut trou-

ver la hauteur ſans aucune diſtinction d'ombre droite ou verſe; car ayant meſuré la diſtance entre les deux ſtations & marqué ſur le Treillis deux lignes qui faſſent connoître la ſituation de l'alidade dans ces deux différentes poſitions, cherchez entre ces deux lignes une portion de paralléle à l'Horiſon qui ſoit d'autant de parties que la diſtance meſurée contient de toiſes: Si vous la continuez juſqu'au côté perpendiculaire du quarré géométrique qui part du centre, vous y trouverez un nombre qui exprimera la hauteur de la Tour, & la continuation de cette paralléle juſqu'à ce nombre vous fera connoître la diſtance juſqu'au pied de la Tour, laquelle n'avoit pû être meſurée.

Remarquez qu'en cette ſituation du quart de cercle les diſtances horiſontales ſont toujours repréſentées ſur le Treillis par des lignes paralléles à l'Horiſon, & que les élevations ou hauteurs y ſont toujours repréſentées par des lignes perpendiculaires ſur ledit Horiſon; ce qui rend, comme nous avons déja dit, les opérations plus faciles à connoître.

Il n'en eſt pas de même dans l'autre ſituation verticale du quart de cercle, où l'on ſe ſert des pinules immobiles; car ſi en obſervant la hauteur d'une Tour inacceſſible, le fil du plomb dans une des ſtations coupe le côté d'*ombre droite*, & dans l'autre ſtation, le côté d'*ombre verſe*; alors la diſtance entre les deux lignes de crayon, qui marquent les deux différentes poſitions du fil, traverſe les quarrés du Treillis par leurs diagonales leſquelles n'ont point de communes meſures avec les côtés, & ainſi on ne pourroit pas s'en ſervir pour trouver la hauteur de la Tour propoſée.

Uſage du Quart de cercle pour meſurer les diſtances horiſontales.

QUoique le Quart de cercle ne ſoit pas ſi propre à meſurer les diſtances horiſontales que le demi-cercle ou le cercle entier, à cauſe que l'on ne peut s'en ſervir à meſurer les angles obtus, nous ne laiſſerons pourtant pas d'en donner ici quelques uſages par rapport au quarré géométrique & au treillis que nous ſuppoſons tracé ſur le plan de cet inſtrument.

Placez ſur ſon pied la ſurface du quart de cercle horiſontalement de ſorte que ſa circonférence ſoit à peu près paralléle à l'Horiſon; car il n'eſt pas beſoin que ſon plan ſoit parfaitement de niveau, étant quelquefois néceſſaire de l'incliner pour appercevoir les objets par les ouvertures des pinules.

Mettez le pied de cet inſtrument dans la ligne que vous prétendez meſurer, & faites deux obſervations en la maniére ſuivante, où le plomb n'eſt plus d'uſage, mais où l'on ſe ſert de quatre pinules tant mobiles qu'immobiles.

Fig. 5. Suppoſons, par exemple, qu'il faille meſurer la diſtance perpendiculaire A B: plantez pluſieurs piquets dans la ligne A C D, & le quart de cercle au point A, en ſorte que les deux pinules immobiles ſoient dans la ligne A C, que le point B ſoit vû par les ouvertures des deux pinules de la régle mobile placée à angle droit avec la ligne A C; ôtez enſuite le quart de cercle & plantez un piquet au point A, meſurez depuis A vers C telle quantité qu'il vous plaira, comme 18 toiſes au bout deſquelles ayant placé l'inſtrument en ſorte que les deux pinules immobiles ſoient dans la ligne A C; enſuite tournez l'alidade mobile juſqu'à ce que vous

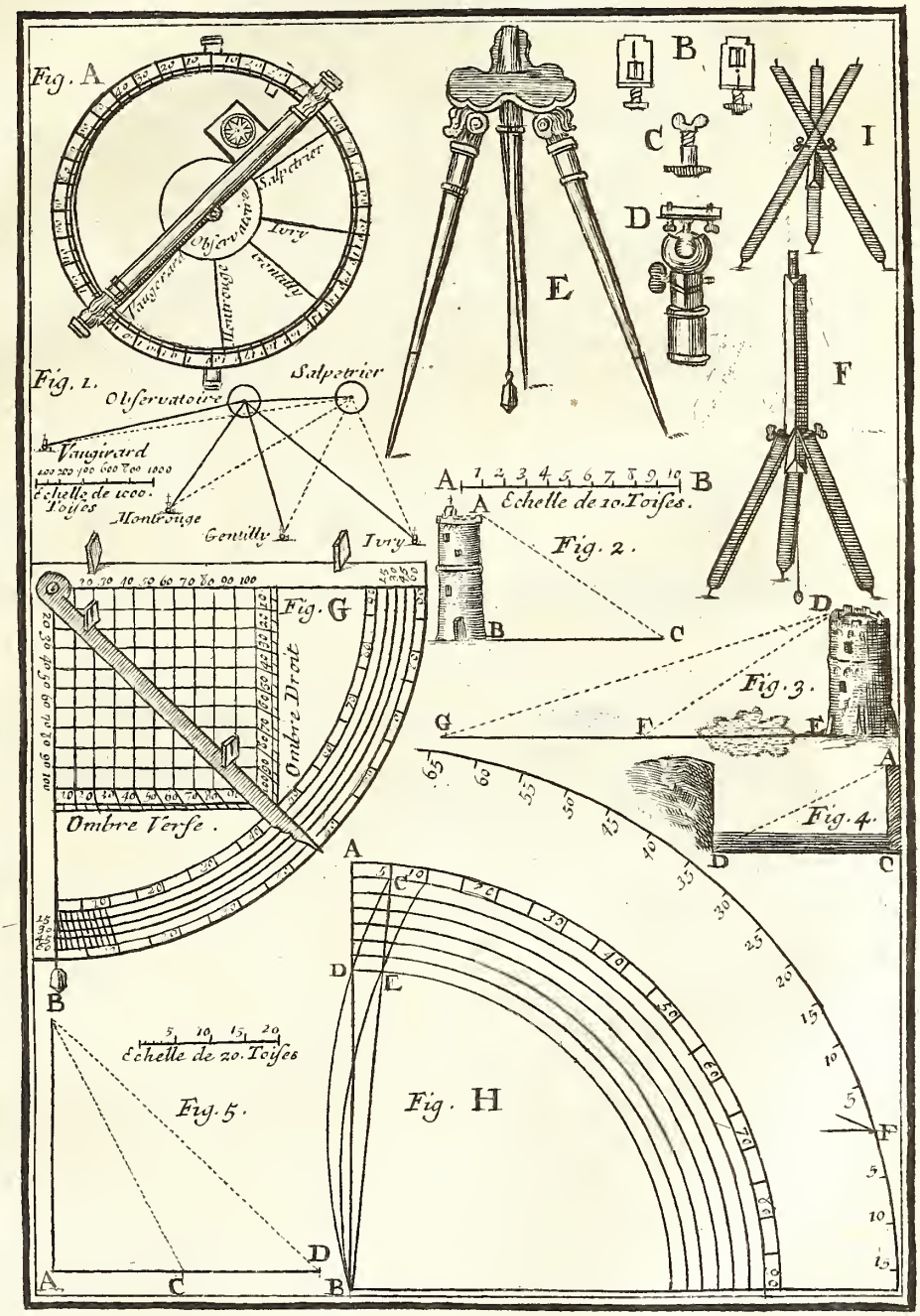
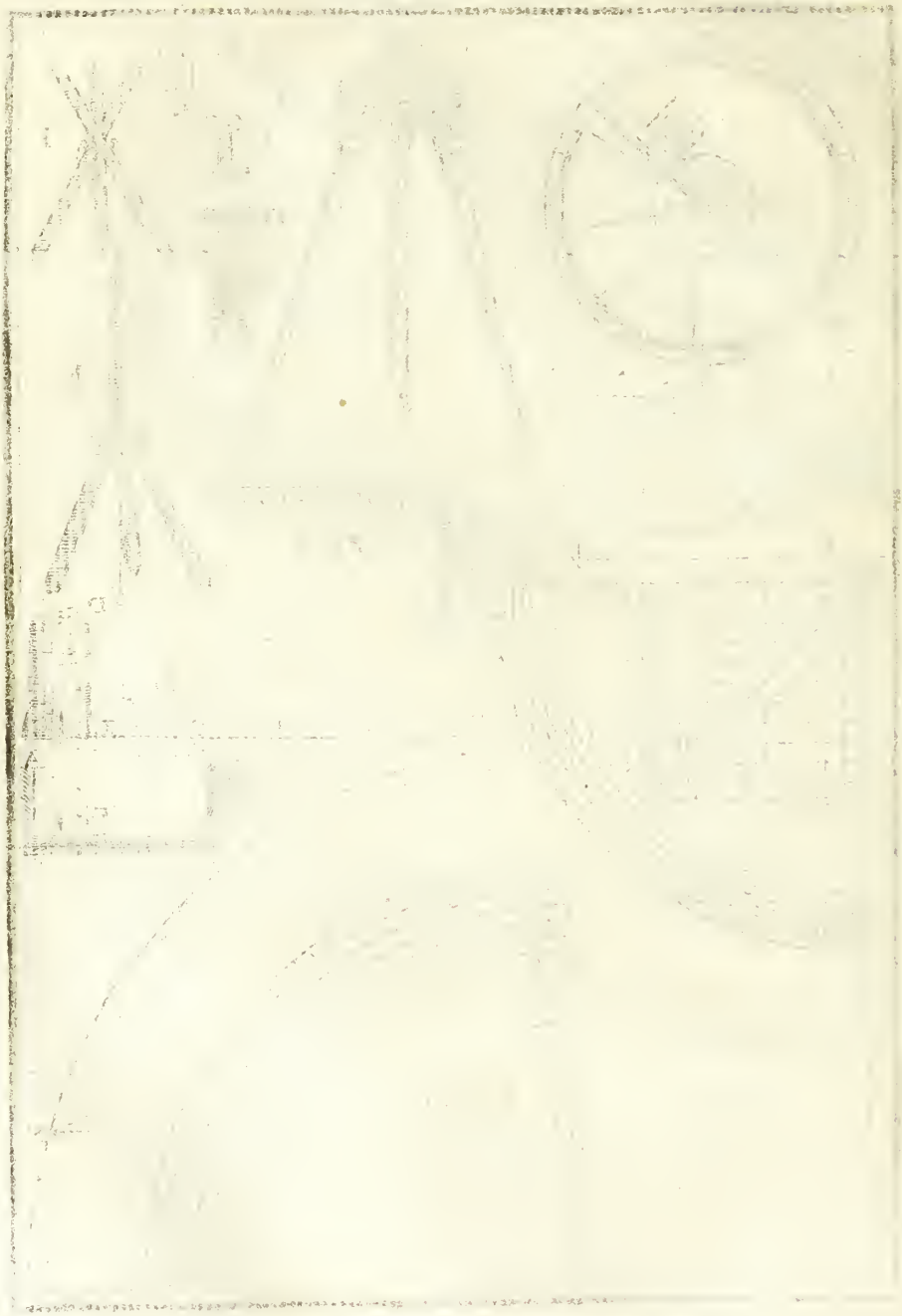


Fig. A
Salpetrier
Observatoire
Ivry
Vaugirard
Gentilly
Montrouge
Fig. 1.
Observatoire
Salpetrier
Vaugirard
Echelle de 1000. Toises
Montrouge
Gentilly
Ivry
Fig. G
Ombre Droit
Ombre Verse.
Echelle de 20. Toises
Fig. 5.
Fig. H
Echelle de 10. Toises.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
E
F
I



puiſſiez voir le point B par les ouvertures de ſes deux pinules, & vous aurez ſur le treillis un petit triangle tout ſemblable au grand qui ſe fait ſur la terre ; c'eſt pourquoi cherchez entre les paralléles coupées par l'alidade celle qui a autant de parties que la diſtance meſurée a de toiſes, c'eſt-à-dire, 18 en cet exemple, & elle aboutira ſur le demi-diamétre du quart de cercle à un nombre, lequel compté depuis le centre de l'inſtrument contient autant de parties qu'il y a de toiſes dans la ligne A B propoſée à meſurer.

Autrement. On pourra trouver encore la diſtance A B ſoit perpendiculaire ou non d'une autre maniére, ſans s'aſſujettir à faire une ſtation à angle droit au point A.

Suppoſons, par exemple, que la premiére ſtation ſe faſſe au point C, & la ſeconde au point D ; tracez ſur le treillis deux lignes droites avec du crayon ou autrement, qui marquent les deux différentes poſitions de l'alidade ; & ayant meſuré la diſtance du point C au point D, que je ſuppoſe ici de vingt toiſes, cherchez entre les deux lignes de crayon une portion de paralléle qui ſoit de vingt parties, & elle correſpondra ſur le demi-diamétre du quarré géométrique à un nombre, lequel compté depuis le centre contiendra autant de parties qu'il y a de toiſes ſur la terre en ligne droite depuis A juſqu'en B.

On connoîtra auſſi la longueur des diſtances C B & D B par les diviſions de l'alidade ; car il ſe fait ſur le treillis un petit triangle obliquangle ſemblable au grand C D B, qui ſe fait ſur la terre.

CHAPITRE VI.

Conſtruction & uſages du Graphométre ou Demi-cercle.

ON fait cet inſtrument de laiton battu ou de cuivre fondu en ſable, ſuivant les modéles que l'on donne aux Fondeurs depuis ſept pouces de diamétre juſqu'à quinze. La diviſion ſe fait de la même maniére que celle de la planchette & du quart de cercle, comme nous l'avons expliqué ci-devant. Le plus ſimple de ces inſtrumens eſt celui marqué B. Aux extrémités de ſon diamétre & dans ſon petit trou quarré fait ſur la ligne de foi on ajuſte deux pinules immobiles, qu'on arrête avec un écrou au-deſſous, & à ſon centre une régle mobile ou alidade garnie de deux autres pinules faites de la même maniére que celle dont nous avons parlé ci-devant & qu'on arrête avec une vis. Je fais ces deux derniéres pinules un peu plus hautes que les premiéres, afin que quand on prend un angle fort petit ou fort grand, & que la largeur des quatre pinules qui ſe rencontrent, empêche qu'on ne puiſſe voir le rayon viſuel, alors on regarde par les fentes qui ſont aux extrémités des pinules de l'alidade : par-là on connoît toute ſorte de grandeur d'angles. On emboëte une Bouſſole au milieu de ſa ſurface pour ſervir à orienter les Cartes & Plans. XV. Planche, Fig. A. & B.

Au-deſſous du demi-cercle il y a un genou qui eſt attaché au centre, dont la virole entre autour d'un pied à trois branches, comme la figure C le montre. Fig. C.

Il eſt néceſſaire de dire ici que ces inſtrumens doivent être d'abord bien dreſſés au marteau, puis dégroſſis avec une lime rude, & enſuite adoucis avec une lime bâtarde & une douce. Quand ces inſtrumens ont été ainſi limés, il faut enſuite prendre garde ſi on ne les a pas gauchis en les limant. Auquel cas il faudroit les bien redreſſer à la régle ſur une pierre ou un marbre bien droit, puis paſſer une pierre de ponce avec de l'eau pour ôter les traits de la lime. Pour bien polir les Demi-cercles, comme tout autre inſtrument, on ſe ſert de pierre douce d'Allemagne, puis d'un charbon bien doux, en ſorte qu'il ne raye pas l'ouvrage; enſuite pour le bien éclaircir on ſe ſert de tripoli fin trempé dans l'huile, & paſſé fortement avec un morceau de caſtor ou de chamois.

XV. Planche. Fig. A. Le Demi-cercle à lunettes marqué A ſert à prendre les diſtances fort éloignées : il a les dégrés de ſon limbe diviſés en minutes par des lignes tranſverſales droites ou courbes, comme il a été dit ci-devant en parlant du quart de cercle.

Il y a une lunette d'aproche attachée par deſſous au long de ſon diamétre, dont les bouts marqués B excédent de part & d'autre. Deſſus l'alidade de ce Demi-cercle eſt ajuſtée une autre lunette. Lorſque la ligne de foi coupe le milieu de l'alidade, il faut que la lunette qui y eſt attachée ſoit un peu plus courte, afin que l'on puiſſe voir les dégrés de la diviſion coupés par la ligne de foi. Mais pour le mieux il eſt à propos que les deux lunettes ſoient égales en longueur; & pour lors il faut que la ligne de foi de l'alidade ſoit tracée du bout marqué C, & que paſſant par le centre du Demi-cercle, elle aille aboutir à l'extrémité oppoſée marquée D : on échancre les deux bouts de l'alidade de maniére qu'ils conviennent aux diviſions des dégrés du limbe, comme on voit aux endroits marqués C F, G D, en ſorte que la ligne C F E G D ſoit la ligne de foi du Demi-cercle.

Il eſt bon de remarquer que l'on ne commence pas à compter les dégrés de ce Demi-cercle depuis le diamétre, comme aux autres, mais à l'endroit où ſe trouve l'échancrure de la ligne de foi, quand les rayons viſuels des deux lunettes étant l'une ſur l'autre ſont d'accord, & pour les faire convenir on avance ou recule le petit chaſſis qui porte les filets par le moyen des vis. La largeur depuis le centre des lunettes juſqu'aux échancrures de l'alidade eſt ordinairement de 5 dégrés, ce qui fait que la diviſion avance d'autant de dégrés plus d'un côté que de l'autre, comme la figure le montre. On peut auſſi placer les lunettes hors de la ligne de foi, c'eſt-à-dire, qu'on les peut mettre vers les bords de l'inſtrument & de l'alidade; mais il faut qu'elles ſoient bien ajuſtées au-deſſus l'une de l'autre, paralléles à la ligne de foi, & que le rayon viſuel de l'une réponde au rayon de l'autre, & alors on aura les angles auſſi juſtes que ſi ces lunettes étoient ſur la ligne de foi; on arrête leſdites lunettes par le moyen des vis à tête perdue dans l'épaiſſeur du cuivre.

Ces lunettes ſont à deux ou à quatre verres, & elles ont toutes une ſoye très-fine tendue au foyer du verre objectif, pour ſervir de pinule.

Les lunettes à quatre verres font voir les objets dans leur véritable ſituation; mais celles à deux verres les renverſent, en ſorte que ce qui eſt à droite paroît à gauche, & ce qui eſt en haut paroît en bas; mais cela n'ôte pas la juſteſſe de l'opération, parce qu'elles donnent toujours le point de direction.

Ces lunettes ſont faites de tuyaux de cuivre ſoudés & tournés en forme cylindrique, comme on voit par la figure D, qui repréſente une lunette détachée. Le verre oculaire, qui eſt celui dont on approche l'œil pour regarder les objets, & qui au bout eſt marqué 1, ſe poſe dans un autre petit tuyau qui à eſt part, & eſt auſſi marqué 1, que l'on avance ou recule dans le tuyau de la lunette ſelon les différentes vûes. Ce petit tuyau porte auſſi quelquefois au foyer du verre une ſoye très-fine : pour cela on prend de la ſoye crue, telle qu'on la tire des coques de vers à ſoye, & elle ſert de pinule ; mais pour le mieux cette ſoye doit être attachée ſur une petite piéce de cuivre, qu'on voit auſſi à part, ſur laquelle on a tracé bien juſte un trait quarré marqué 2, ſur lequel on poſe ces ſoyes. On place cette piéce dans une rainure faite dans un petit chaſſis de cuivre ſoudé au tuyau de la lunette à l'endroit marqué 2. La petite vis marquée 5 eſt faite pour avancer ou reculer la petite piéce qui porte les ſoyes. Le verre objectif eſt placé à l'autre bout de la lunette du côté de l'objet que l'on veut voir. Il eſt auſſi placé dans un petit tuyau marqué 3, qui entre à force dans le canal de la lunette, afin que ce verre ne change pas facilement de place quand la lunette eſt ajuſtée. Ces verres ſont convéxes, ce qui rend leur milieu plus épais que leurs bords. Mais l'oculaire doit avoir plus de convéxité que l'objectif, afin que les objets paroiſſent plus grands qu'à la vûe ſimple.

On appelle foyer d'un verre convéxe l'endroit où les rayons (partant d'un objet lumineux ou coloré, lequel eſt dans une diſtance fort éloignée) viennent ſe réunir, après avoir paſſé au-delà du verre ; c'eſt pourquoi la peinture des objets qui ſont oppoſés au verre ſe repréſente très-diſtinctement dans cet endroit. Par exemple, le point R, à l'extrémité du cône de la figure H eſt le foyer du verre S, à cauſe que c'eſt le point où les rayons qui entrent par le bout N du tuyau, viennent ſe réunir après avoir paſſé à travers du verre S.

Les lunettes les plus en uſage ſont celles à deux verres, qui ſont placés de maniére que leurs foyers ſoient communs & ſe réuniſſent en un même point dans le tuyau de la lunette, & c'eſt en ce point unique que l'on place les filets ; ſi le foyer du verre objectif eſt 7 ou 8 fois plus éloigné que celui du verre oculaire, l'objet paroîtra 7 ou 8 fois plus grand que ſi les foyers de ces deux verres étoient égaux.

Le foyer antérieur du verre oculaire étant commun avec le foyer poſtérieur de l'objectif, les rayons colorés, qui après s'être rompus en tombant ſur la ſurface du verre objectif, ſe ſont réunis à ſon foyer, continuent leur chemin en s'écartant & rencontrant le verre oculaire, ils ſe rompent derechef en paſſant au travers, & ſe dirigent de telle ſorte qu'en mettant l'œil derriere ce verre on apperçoit les objets, dont la peinture ſe fait au foyer ; car c'eſt l'objet qui renvoye ſon eſpéce à l'œil : ce qui ſe prouve encore très-manifeſtement par l'expérience ſuivante. On bouche entiérement le jour d'une chambre, & l'on fait un petit trou rond à un volet de fenêtre expoſé à un lieu bien éclairé, on y applique un verre convéxe, & l'on met en dedans de ladite chambre un papier ou un linge blanc à l'oppoſite de ce verre, à la diſtance de ſon foyer ; alors on voit ſur le papier une peinture très-nette & très-diſtincte des objets qui ſont oppoſés au verre par dehors, mais dans une ſituation renverſée : or cette

peinture se fait par le moyen des rayons de lumiére qui rejailliſſent des objets. On trouvera le foyer d'un verre en approchant ou reculant le papier juſqu'à ce que l'on voye la peinture bien nette & bien déterminée.

Il y a une Bouſſole & un genou à ce Demi-cercle : & quand le tout eſt bien travaillé de la maniére ſus-énoncée, c'eſt un inſtrument des plus parfaits & des plus curieux que l'on puiſſe voir.

De la conſtruction & des uſages du Rapporteur.

L'Inſtrument marqué C eſt un Rapporteur d'environ 8 ou 10 pouces de diamétre avec ſon alidade ou régle mobile. On le fait quelquefois auſſi grand que les Graphométres dont on ſe ſert en campagne, afin que l'on puiſſe marquer ſur ſon bord les minutes, & qu'il ſerve à rapporter ſur le papier les mêmes angles en dégrés & minutes que ceux qui ont été obſervés en campagne.

Ce Rapporteur eſt évuidé & ſon alidade tourne autour d'un petit cercle auſſi évuidé, au milieu duquel il y a une petite pointe qui marque le centre du Rapporteur. La diviſion ſe fait de même qu'un Demi-cercle, & par la méthode que nous avons marquée : on ſe ſert auſſi bien ſouvent du Rapporteur marqué à la planche 3, & expliqué au Chapitre III. du Livre premier.

USAGE PREMIER.

Fig. 1. POur lever le plan d'un champ propoſé, comme A B C D E, faites planter un piquet bien à plomb à chaque angle de la figure, & meſurez exactement avec la toiſe un de ſes longs côtés, comme A B, lequel je ſuppoſe de 50 toiſes 2 pieds : faites un mémorial en crayonnant ſur le papier une figure à peu près ſemblable à celle du terrein ; mettez le Demi-cercle avec ſon pied à la place du piquet A, en ſorte que bornayant par les fentes des pinules immobiles du diamétre, vous voyiez le piquet B. Enſuite le Demi-cercle demeurant ferme en cette ſituation, tournez l'alidade de maniére que par ſes pinules vous puiſſiez voir le piquet C ; remarquez quel angle fait la ligne de foi de l'alidade avec le côté A B, & marquez ſur votre mémorial le nombre des dégrés de l'angle B A C ; tournez enſuite l'alidade de ſorte que par les pinules vous puiſſiez voir le piquet D, & marquez ſur votre mémorial le nombre des dégrés que contient l'angle B A D ; tournez encore l'alidade de ſorte que par les pinules on puiſſe voir le piquet E, & marquez le nombre des dégrés que contient l'angle B A E. Mais toutes les fois que vous bornayez chacun des piquets par les pinules de l'alidade, ayez ſoin de regarder ſi le piquet B eſt toujours bien dans l'alignement des pinules immobiles du Diamétre.

Ceci étant fait, levez le Demi-cercle avec ſon pied, & ayant replanté le piquet A, allez poſer le Demi-cercle avec ſon pied à la place du piquet B, en ſorte que bornayant par les ouvertures des pinules immobiles du diamétre, vous voyiez le piquet A ; & le Demi-cercle demeurant ferme en cette ſituation, tournez comme vous avez déja fait l'alidade mobile, en ſorte que par ſes pinules vous puiſſiez voir l'un après l'autre les piquets C, D, E, & marquez ſur le mémorial la valeur de chaque angle A B C, A B D, A B E.

Enfin mettez au net la figure en traçant exactement avec un Demi-cercle ou Rapporteur tous les angles dont la valeur eſt marquée aux extrémités de la figure A B, d'où vous tirerez autant de lignes droites, & de leurs interſections d'autres lignes qui formeront le plan propoſé. La longueur de tous les côtés qui n'ont pas été meſurés ſe pourra connoître par le moyen d'une échelle de parties égales, dont la ligne A B en contiendra 50 & un tiers, & l'on pourra trouver la ſurface de ce champ en meſurant chacun des triangles du plan ainſi réduit par les régles de la Planimétrie dont traitent quantité de Livres.

Remarquez qu'il eſt à propos de meſurer actuellement une des plus longues lignes du plan propoſé, pour la faire ſervir de baſe commune & faire à chacune de ſes extrémités toutes les obſervations néceſſaires pour y former les angles des triangles qu'on eſt obligé d'y faire : car ſi l'on prenoit pour baſe commune de tous ces triangles une des plus courtes lignes, les angles qui ſe forment par les interſections des rayons viſuels en bornayant les piquets deviendroient trop aigus & l'interſection trop incertaine.

On pourra orienter ce plan par le moyen de la Bouſſole, dont la ligne du Nord & du Sud ſe trace ordinairement paralléle au diamétre du Demi-cercle ; car comme la baſe commune de tous les triangles obſervés eſt paralléle à ce Diamétre, il n'y a qu'à remarquer l'angle qu'elle fait avec l'éguille aimantée, ce qui ſe connoîtra facilement en dirigeant la ligne de foi de l'alidade parallélement à ladite éguille. Enſuite de quoi on deſſine ſur le plan une petite Roſette des Rhombes des vents, où les principaux ſont marqués par leurs noms & placés conformément à l'obſervation qui en a été faite ſur le terrein.

USAGE II.

Sçavoir la diſtance du Clocher A à la Tour C que l'on ſuppoſe être inacceſſible.

AYant choiſi deux endroits aux environs, d'où l'on puiſſe voir le Clocher & la Tour, & meſurer leur diſtance pour ſervir de baſe, placez le Demi-cercle à l'un de ces lieux, comme en D & un piquet à l'autre, comme au point E, tournez-le de maniére que par les pinules fixes de ſon Diamétre, ou par la lunette vous découvriez le piquet E ; faites mouvoir l'alidade en ſorte que par ſes pinules vous puiſſiez voir le Clocher A, alors les dégrés du Demi-cercle compris entre le diamétre & l'alidade donneront l'ouverture de l'angle A D E, qui dans cet exemple eſt de 32 dégrés que vous marquerez ſur le mémorial. Tournez encore l'alidade juſqu'à ce que vous puiſſiez voir la Tour C par ſes pinules ou lunettes, en conſervant toujours le Diamétre dans la ligne D E, alors les dégrés compris entre le diamétre & l'alidade donneront l'ouverture de l'angle C D E, qui ſera de 123 dégrés, & que vous marquerez ſur le mémorial. Vous ôterez enſuite le Demi-cercle de la ſtation D, & vous y laiſſerez un piquet ; meſurez exactement la diſtance du piquet D au piquet E, que je ſuppoſe ici de 32 toiſes, que vous écrirez ſur le mémorial ; poſez le Demi-cercle à la place du piquet E, de ſorte que les pinules fixes du diamétre ou bien Fig. 2.

la lunette, ſoient directement ſur la ligne E D ; & tournez l'alidade afin de voir par ſes pinules la Tour C, alors les dégrés compris entre ce diamétre & l'alidade donneront l'ouverture de l'angle C E D, qui eſt en cet exemple de 26 dégrés. Tournez enfin l'alidade pour voir par ſes pinules le Clocher A, & l'angle A E D ſera de 125 dégrés, que vous chifrerez ſur le mémorial ; & par le moyen d'une échelle & d'un Rapporteur vous ferez une figure ſemblable pour connoître la diſtance A C, propoſée à meſurer.

Réſoudre la même queſtion par le calcul de la Trigonométrie.

PRemiérement on connoît par obſervation dans le triangle D A E, l'angle aigu A D E de 32 dégrés, & l'obtus D E A de 125 dégrés, d'où il ſuit que le troiſiéme angle D A E eſt de 23 dégrés, puiſque les trois angles de tout triangle rectiligne ſont égaux à deux droits ; & pour connoître le côté A E, vous ferez cette analogie : Le ſinus de 23 dégrés (auquel répond dans les tables ce nombe 39073) eſt à 32 toiſes comme le ſinus de 32 dégrés (auquel répond dans leſdites tables le nombre 52992) eſt à la ligne A E de 43 toiſes & un peu plus. On connoît de même par obſervation dans le triangle C D E l'angle aigu C E D de 26 dégrés, & l'obtus E D C de 123 dégrés, d'où il ſuit que le troiſiéme angle D C E eſt de 31 dégrés ; & pour connoître le côté C E, faites cette ſeconde analogie : Comme le ſinus de 31 dégrés (51504) eſt à 32 toiſes ; ainſi le ſinus de 123 dégrés ou de ſon complement 57, qui eſt le même (83867) donnera 52 toiſes pour le côté C E.

Secondement pour connoître la diſtance C A, examinez le triangle C A E, duquel vous connoiſſez les deux côtés C E & A E, avec l'angle compris A E C de 99 dégrés, par conſéquent les deux autres angles inconnus valent enſemble 81 dégrés : Et pour les connoître chacun en particulier, faites encore cette autre analogie : Comme la ſomme des deux côtés connus (95 toiſes) eſt à leur différence (9 toiſes) ainſi la tangente de 40 dégrés trente minutes (moitié des deux angles inconnus 85408) eſt à un quatriéme nombre 8091, qui eſt tangente de la moitié de la différence des deux angles inconnus. Ce quatriéme terme cherché dans la colonne des tangentes répond à 4 dégrés 37 minutes, qu'il faut ajoûter à ladite moitié 40 dégrés 30 minutes pour avoir le plus grand des deux angles aigus C A E 45 dégrés 7 minutes, & par conſéquent le troiſiéme angle A C E ſera de 35 dégrés 53 minutes. Enfin pour avoir la longueur C A, dites : Comme le ſinus de 35 dégrés 53 minutes (58613) eſt à 43 toiſes, ainſi le ſinus 99 dégrés ou de ſon complement 81 dégrés (98768) eſt à la diſtance A C de 72 toiſes deux pieds.

U S A G E I I I.

Fig. 3. POur avoir la hauteur de la Tour A B, du pied de laquelle on ne peut approcher à cauſe d'un ruiſſeau qui paſſe au bas de ladite Tour, cherchez un terrein à peu-près de niveau, propre à y faire deux ſtations, comme en cet exemple C & D ; placez le demi-cercle verticalement au point D, de ſorte que ſon diamétre ſoit parelléle à l'Horiſon, ce qui ſe fait par le moyen d'un fil avec ſon plomb que l'on accroche au haut d'une ligne perpendiculaire qui eſt tracée derriére le demi-cercle ; tournez l'alidade afin de voir par ces pinules le ſommet de la Tour B, examinez de combien

combien de dégrés eſt l'angle B D A, que nous ſuppoſons ici de 42 dégrés que vous marquerez ſur le mémorial ; puis l'ayant levé le demi-cercle & l'ayant placé à l'autre ſtation C, meſurez la diſtance D C, que je ſuppoſe ici de 12 toiſes, & après avoir ajuſté le demi-cercle de maniére que ſon diamétre ſoit paralléle à l'Horiſon, tournez l'alidade juſqu'à ce que vous voyiez le haut de la Tour B, remarquez l'angle B C D, pour l'écrire ſur le mémorial, que nous ſuppoſons ici de 22 dégrés ; faites enſuite une figure ſemblable par le moyen d'une échelle & d'un Rapporteur, & vous connoîtrez la hauteur A B, laquelle ſe peut auſſi trouver par le calcul de la Trigonométrie en cette maniére.

L'angle B D A de 42 dégrés donne l'angle de ſuite B D C de 138 dégrés, & parce que l'angle C a été meſuré de 22 dégrés, le troiſiéme angle du triangle C B D ſera de 20 dégrés. Vous direz donc par une régle de proportion : Comme le ſinus de 20 dégrés (34202) eſt à 12 toiſes, ainſi le ſinus de 22 dégrés (37461) eſt à la ligne B D 13 toiſes 10 pouces : or cette ligne B D eſt l'hypotenuſe du triangle rectangle B D A, dont tous les angles ſont connus ; c'eſt pourquoi vous direz par une ſeconde régle de trois : Comme le ſinus total 10000 eſt à 13 toiſes 10 pouces, ainſi le ſinus de 52 dégrés (66913) eſt à la hauteur A B huit toiſes & un peu moins de cinq pieds.

USAGE IV.

Pour lever la Carte d'un Pays.

CHoiſiſſez premiérement deux endroits éminens & aſſez éloignés l'un de l'autre, d'où l'on puiſſe découvrir une grande étendue de païs, & qui puiſſent ſervir de baſe commune à pluſieurs triangles qu'il faut obſerver pour faire la Carte du païs que vous vous propoſez de lever ; enſuite meſurez avec la chaîne la diſtance de ces endroits.

Ces deux diſtances étant ſuppoſées A & B, éloignées l'une de l'autre de 200 toiſes, placez horiſontalement le plan du demi-cercle avec ſon pied au point A, en ſorte que par les pinules immobiles du diamétre ou par la lunette vous découvriez le point B ; l'inſtrument reſtant fermé en cette ſituation, tournez l'alidade pour découvrir les uns après les autres les objets remarquables, comme ſont les Tours, Clochers, Moulins, Arbres & autres que vous ſouhaitez placer ſur votre Carte ; puis examinez quels angles ils font avec la baſe commune, & les marquez auſſi-tôt ſur votre mémorial avec les noms propres de chaque lieu bornayé par les pinules ou lunettes, (par exemple, l'angle BAI de 14 dégrés, BAG de 47, BAH de 53, BAF de 68, B A E de 83, B A D de 107, & enfin l'angle B A C de 130 dégrés ;) ce qui étant fait & les angles étant marqués ſur votre mémorial avec la diſtance A B des ſtations que nous avons ſuppoſées de 200 toiſes, poſez ce demi-cercle au point B, pour y faire la ſeconde ſtation. Fig. 4.

L'Inſtrument étant placé de maniére que ſon diamétre convienne avec la ligne BA, tournez l'alidade mobile & obſervez les angles que font les mêmes objets qui ſont vûs du point A, par exemple l'angle B A C de 20 dégrés, A B F de 37, A B D de 44, A B E de 56, A B G de 83, A B H de 96, & l'angle A B I de 133 dégrés, que vous marquerez ſur le mémorial, comme vous avez fait les autres.

Si quelqu'objet a été vû du point A, & que l'on ne puiſſe pas le voir du point B, il faut changer de baſe en choiſiſſant un autre point d'où l'on puiſſe le découvrir ; car il eſt abſolument néceſſaire qu'un même objet ſoit vû de deux endroits différens ; puiſqu'on ne peut avoir ſa poſition que par le point d'interſection de deux lignes, dont chacune ſe tire des extrémités de la baſe, avec laquelle ils forment un triangle rectiligne.

Il eſt à propos de ſe ſouvenir que l'étendue de la baſe que l'on meſure doit être aſſez grande, à proportion des triangles auſquels elle doit ſervir, & de plus bien alignée & nivelée, car ſi l'on ſuivoit les inégalités du terrein haut & bas, on auroit des baſes trop longues à proportion des angles & des rayons viſuels qui ſe tirent en bornayant les objets.

Pour mettre cette Carte au net, réduiſez tous ces triangles obſervés dans leur juſte proportion, par le moyen d'une échelle & d'un Rapporteur, de la maniére que nous avons dit ci-devant.

CHAPITRE VII.

Contenant la conſtruction & les uſages de la Bouſſole.

XV. Planche. Fig. E.

CEt Inſtrument ſe fait de cuivre, d'ivoire, de bois ou de toute autre matiére ſolide. Il s'en fait depuis deux pouces juſqu'à ſix de diamétre. Son milieu eſt fait en cercle comme une boëte ronde, au fond de laquelle on décrit une Roſette des vents & une circonférence diviſée en 360 dégrés. Ce cercle eſt appliqué ſur une plaque bien quarrée ; à ſon centre on place un petit pivot de cuivre ou d'acier bien pointu, qui ſert à porter une aiguille d'acier aimantée, poſée en équilibre, afin qu'elle puiſſe tourner librement ; & par deſſous on met un verre taillé en rond que l'on fait tenir dans une petite rainure faite exprès autour du cercle, pour empêcher que l'agitation de l'air ne donne quelque mouvement à l'aiguille.

Un des bouts de l'aiguille aimantée, ſçavoir celui qui a été froté du pôle méridional de la pierre d'aimant, ſe tourne toujours vers la partie ſeptentrionale du monde, non pas à la vérité préciſément, mais avec quelque déclinaiſon qui change de tems à autre.

Suivant les obſervations faites à l'Obſervatoire au mois d'Octobre 1750, l'aiguille aimantée déclinoit de 17 dégrés 10 minutes Nord-Oueſt.

Les aiguilles ſont faites de lames d'acier de la longueur du diamétre du cercle diviſé, qui eſt au fond de la Bouſſole. On y ſoude au milieu une petite chape de cuivre, que l'on perce fort droit en forme de cône, & l'on donne un petit coup de pointeau au fond, afin que l'aiguille ait un mouvement bien libre ſur ſon pivot. On les lime fort délicatement en leur donnant différentes figures ; les unes en dard par un bout, & par l'autre en fléche (ce ſont ordinairement les grandes qu'on lime de cette façon). Quant aux moyennes & aux petites, on y fait un anneau vers l'extrémité pour diſtinguer le côté qui doit tourner vers le Nord, telles que les petites figures qui ſont auprès de la Bouſſole le montrent ; mais il faut que ces aiguilles ſoient limées bien droit, & que les deux extrémités & le milieu de la chape ſoient dans la même ligne. Celles qui ſont larges dans le milieu, & qui ſe terminent en pointe des deux côtés ſont plus régulieres que les autres.

Pour aimanter les aiguilles il faut les faire paſſer ſur le pôle d'un bon aimant ou ſur ſon armure, de maniére que le bout qui doit tourner vers le Sud, touche le premier ſur la pierre, en coulant l'aiguille au long de l'aimant, & que le bout qui ſe dirige au Nord y paſſe le dernier. Il faut faire la même choſe trois ou quatre fois écartant la main en arc, afin que la vertu y reſte mieux imprimée.

J'ai obſervé avec attention ſi les différentes pierres d'aimant ne donnoient pas différentes déclinaiſons, en aimantant des aiguilles faites de la même matiére & de la même façon avec différentes bonnes pierres; mais j'ai toujours trouvé la même déclinaiſon. Je croi que les aiguilles qui ont été touchées par une pierre ont reçu de cette pierre une diſpoſition dans leurs pores, pour y laiſſer paſſer la matiére magnétique, qui circule autour de la terre ſuivant une certaine direction de la même maniére que les pierres d'aimant l'ont reçû dans le tems de leur formation. Ainſi ce ne ſeront pas les différens aimans, qui pourront donner une différente vertu aux aiguilles, leſquelles ne ſe dirigent que ſuivant le cours de la matiére magnétique, qui étant la même dans un même endroit de la terre, doit leur donner la même direction, mais peut-être bien le défaut de la conſtruction des aiguilles, ſoit qu'elles ne ſoient pas limées bien droit, ou par quelqu'autre défaut.

Cette admirable propriété de l'aimant & de l'aiguille aimantée, n'eſt connue en Europe que depuis environ l'an 1260.

C'eſt par ſon moyen que l'on a oſé entreprendre de grands voyages par Mer, & que l'on a découvert deux cens ans après des terres fort riches vers l'Orient, & d'autres vers l'Occident.

On peut auſſi par ſon moyen ſe conduire par terre dans un voyage, lorſqu'on ne trouve perſonne pour enſeigner le chemin, ayant une Carte Géographique; car pour cet effet il n'y a qu'à poſer le centre de la Bouſſole ſur le lieu du départ, faire convenir l'aiguille aimantée avec le Méridien de ce lieu, & remarquer que l'angle fait ce Méridien avec la ligne de route, c'eſt-à-dire, avec celle qui conduit au lieu où l'on veut aller. Ainſi les Pilotes & les Voyageurs connoiſſent par la Bouſſole la ſituation dans laquelle ils ſe trouvent à l'égard des pôles du Monde.

Elle eſt auſſi fort utile aux gens qui travaillent ſous terre dans les carrieres & dans les mines. Car ayant remarqué ſur terre le point où l'on veut aller, on poſe la Bouſſole à l'ouverture du trou, pour voir l'angle que fait la ligne de direction avec l'aiguille; & quand on eſt ſous terre on fait une tranchée qui fait le même angle avec la Bouſſole, & par ce moyen on arrive au lieu propoſé.

Il y a encore beaucoup d'autres uſages, dont nous allons expliquer les principaux.

USAGE PREMIER.

Pour trouver avec la Bouſſole la déclinaiſon d'un Mur.

XV. Planche. Fig. 1. IL faut ſe ſouvenir qu'il y a quatre points que l'on appelle cardinaux ; ſçavoir, le Septentrion, le Midi, l'Orient & l'Occident, leſquels partagent l'Horiſon en quatre parties égales, comme il eſt marqué par la figure premiére.

Quand on a trouvé un de ces points, on a tous les autres ; car ſi vous avez, par exemple, le Septentrion devant les yeux, le Midi ſera derriére vous, l'Orient à votre droite & l'Occident à votre gauche.

Un mur qui ſeroit élevé ſur une ligne qui tend du Septentrion au Midi, ſeroit dans le plan du Méridien, de maniére qu'une de ſes faces ſeroit tournée directement vers l'Orient, & l'autre vers l'Occident.

Un autre mur qui ſeroit angle droit avec ce premier, c'eſt-á-dire, qui ſeroit élevé ſur la ligne qui tend d'Orient en Occident, ſeroit paralléle au premier vertical & ne déclineroit point ; une de ſes faces ſeroit tournée directement au Midi, & l'autre au Septentrion.

Mais ſi l'on s'imagine un mur élevé ſur la ligne D E, il ſera dit décliner d'autant de dégrés qu'en contient l'arc F ; c'eſt pourquoi ſi cet arc eſt par exemple de 40 dégrés, la face de ce mur qui eſt tournée vers le Midi, décline du Midi vers l'Orient de 40 dégrés, & la face oppoſée du même mur décline du Septentrion à l'Occident de 40 dégrés, de ſorte que la déclinaiſon d'un mur n'eſt autre choſe que l'angle que fait ce mur avec le premier vertial.

Un autre mur qui ſeroit paralléle à la ligne G H, déclineroit d'autant de dégrés qu'en contient l'arc C ; c'eſt pourquoi ſi cet arc eſt de 30 dégrés, la face du mur qui regarde le Midi déclineroit de 30 dégrés du Midi à l'Occident, & la face oppoſée déclineroit pareillement de 30 dégrés du Septentrion à l'Orient.

Dans toutes les opérations qui ſe font avec la Bouſſole, il faut avoir grand ſoin d'éloigner toute ſorte de fer & prendre bien garde qu'il n'y en ait de caché, car le fer change entiérement la direction de l'aiguille aimantée.

Je ſuppoſe que le pivot ſur lequel eſt poſée la chape de l'aiguille ſoit au centre du cercle diviſé en 360 dégrés ou 4 fois 90, dont le premier dégré eſt dans la ligne qui tend du Septentrion au Midi, & que la Bouſſole ſoit quarrée, comme elle eſt ici repréſentée.

Appliquez le long du mur le côté de la Bouſſole où eſt la marque du Septentrion ; & le nombre de dégrés où s'arrêtera l'aiguille aimantée marquera la déclinaiſon du mur, & de quel côté. Si la pointe de l'aiguille qui marque le Septentrion, tend vers le mur, c'eſt une marque que ce mur peut être éclairé du Soleil à midi ; & ſi elle s'arrête ſur le 30me dégré compté du Septentrion vers l'Orient, la déclinaiſon eſt d'autant de dégrés du Midi à l'Orient. Si elle s'arrête ſur le 30me dégré compté du Septentrion vers l'Occident, la déclinaiſon eſt d'autant de dégrés du Midi à l'Occident.

Mais comme l'aiguille aimantée décline préſentement à Paris d'environ 17 dégrés au Nord-Oueſt, pour corriger ce défaut on doit les ajoûter au

nombre des dégrés marqués par l'aiguille, lorſque la déclinaiſon eſt vers l'Orient; il faut au contraire les ôter lorſque la déclinaiſon eſt du côté de l'Occident

Ainſi ſuppoſant comme nous venons de faire, que l'aiguille ſoit arrêtée ſur le 30me dégré vers l'Orient, la déclinaiſon du mur ſera de 47 dégrés du Midi vers l'Orient, mais ſi l'aiguille s'arrête vers l'Occident ſur le 30me dégré, la déclinaiſon du mur ſera de 13 dégrés du Midi vers l'Occident.

Que ſi la pointe de l'aiguille aimantée qui marque le Midi tend vers le mur, c'eſt une marque que le Midi eſt de l'autre côté du mur, & par conſéquent que la face dont on veut trouver la déclinaiſon ne ſera point éclairée du Soleil à midi; c'eſt pourquoi ſa déclinaiſon ſera du Septentrion à l'Orient ou à l'Occident, ſelon qu'il ſera tourné vers l'une ou l'autre de ces parties du monde. Ceci ſera plus amplement expliqué en parlant du Cadran Solaire.

USAGE II.

Pour meſurer un angle ſur la terre avec la Bouſſole.

SOit l'angle D A E propoſé à meſurer: Appliquez le long d'une des lignes qui forment l'angle, comme le long de la ligne A D, le côté de la Bouſſole où eſt la marque du Septentrion; faites enſorte que l'aiguille tourne librement ſur ſon pivot, & quand elle ſera arrêtée, obſervez quel nombre de dégrés répond à la pointe de l'aiguille qui indique le Septentrion; & s'il ſe trouve que ce nombre ſoit, par exemple, de 80 dégrés, la déclinaiſon de ladite ligne ſera d'autant de dégrés; prenez enſuite de la même maniére la déclinaiſon de la ligne A E, que je ſuppoſe de 215 dégrés: ôtez le petit nombre 80 du plus grand 215, il reſtera 135, qu'il faut ſouſtraire de 180; & ce dernier reſte ſera de 45 dégrés pour la valeur de l'angle propoſé à meſurer. *XV. Planche. Fig. 2.*

Mais ſi la déclinaiſon de la ligne A D n'étoit, par exemple, que de 30 dégrés, & que celle de la ligne A E fût de 265, la différence de ces deux déclinaiſons, qui eſt de 235, ſeroit trop grande pour être ôtée de 180; c'eſt pourquoi il faudroit ôter 180 du plus grand nombre 235, & le reſte 55 ſera la valeur de l'angle propoſé.

Quand on meſure des angles avec la Bouſſole, il n'eſt pas néceſſaire d'avoir égard à la variation de l'aiguille aimantée, puiſque cette variation eſt toujours la même dans toutes les différentes poſitions de cette aiguille, pourvû toutefois qu'il n'y ait pas de fer qui la faſſe dévoyer par quelqu'obſtacle.

Lorſqu'on ne pourra par quelqu'obſtacle poſer la Bouſſole auprès du plan, il ſuffira de la placer bien parallélement, comme la figure le montre, & alors elle fera le même effet.

USAGE III.

Pour lever le plan d'une Forêt, d'un Marais ou d'un Chemin avec ſes détours.

SOit propoſé à lever le plan du Marais ou de l'Etang A B C D E, dans lequel on ne peut entrer. Pour ces ſortes d'opérations il faut qu'il y ait ſur la Bouſſole deux pinules immobiles attachées ſur la ligne qui tend *XV. Planche. Fig. 3. à la fin de ladite Planche.*

du Septentrion au Midi & un genou ou une virole deſſus. Faites planter des piquets aſſez longs & bien à plomb, de maniére qu'ils ſoient dans les lignes paralléles aux côtés qui font l'enceinte du Marais; placez la Bouſſole ſur ſon pied dans une ſituation horiſontale; bornayez deux de ces piquets par les fentes des pinules, & mettez toujours auprès de l'œil celle qui eſt ſur la partie méridionale de la Bouſſole; puis ayant tracé ſur du papier une figure qui repréſente à peu près le plan du marais, écrivez ſur chaque ligne le nombre de dégrés que marquera l'aiguille lorſqu'elle ſera arrêtée. Faites en même tems meſurer avec la toiſe la longueur exacte de chaque côté dudit marais, & marquez-en la valeur ſur chaque ligne correſpondante tracée ſur votre mémorial. Lorſque vous aurez fait tout le tour du marais, les dégrés marqués par l'aiguille de la Bouſſole ſerviront à former les angles de la figure; & la longueur de chaque ligne déterminera tout le plan du marais propoſé.

Suppoſons qu'ayant placé la Bouſſole le long d'un côté quelconque dudit marais, par exemple le long du côté A B, ou, ce qui eſt la même choſe, le long d'une ligne paralléle à ce côté, & que mettant l'œil proche la pinule du Midi, on découvre deux piquets plantés dans ladite ligne, ſi l'aiguille s'arrête ſur le 30me dégré vers l'Occident, j'écris ce nombre 30 dégrés le long de la ligne AB de mon mémorial, & en même tems la quantité de 50 toiſes qui ont été meſurées du point A au point B. Je tranſporte enſuite la Bouſſole avec ſon pied le long du côté B C ou dans l'alignement des piquets plantés parallélement audit côté, en mettant toujours la pinule du Sud au Midi du côté de l'œil; & ſi l'aiguille s'arrête ſur le 100me dégré, j'écris ce nombre ſur la ligne B C, & en même tems la quantité de 70 toiſes qui ont été meſurées du point B C. Or en faiſant ainſi tout le tour du marais, je marquerai ſur chaque ligne correſpondante le nombre des dégrés & des toiſes par le moyen deſquels on mettra au net le plan propoſé en la maniére ſuivante, en me ſervant d'un Rapporteur ou Demi-cercle & d'une Régle diviſée en parties égales ou bien d'un Compas de proportion.

Angles Obſervés. Dégres.	*Angles Souſtraits. Dégrés.*
30	70
100	30
130	110
240	60
300	

Marquez tout de ſuite tous les angles obſervés avec la Bouſſole, & ſouſtrayez-en le moindre du plus grand que vous marquerez entre deux, comme vous le montre la Table ci-à côté.

Commencez par tracer la ligne indéfinie A B ſur laquelle vous porterez 50 parties égales de votre échelle, à cauſe des 50 toiſes meſurées ſur le terrein; faites au point B avec un Rapporteur l'angle extérieur de 70 dégrés & tirez la ligne indéfinie B C, ſur laquelle vous marquerez de B en C 70 toiſes, qui ont été meſurées ſur le terrein: faites au point C l'angle extérieur de 30 dégrés, & tirez la ligne indéfinie C D, laquelle vous déterminerez de 65 toiſes de longueur conformément à la meſure qui en a été trouvée. Faites pareillement au point D l'angle extérieur de 110 dégrés, & tirez la ligne D C de 70 toiſes. Faites enfin au point E l'angle extérieur de 60 dégrés, & tirez la derniére ligne A E de 94 toiſes, & le plan ſera achevé.

Enſuite il ſera facile de l'orienter, puiſque vous ſçavez quel angle fait l'aiguille avec chaque côté du plan.

Remarquez que les angles ſouſtraits vous donnent les angles extérieurs, & que leurs complémens ſont les angles de la figure.

Remarquez auſſi que tous les angles de la figure pris enſemble doivent faire deux fois autant d'angles droits moins quatre, qu'elle a de côtés. Ainſi ladite figure ayant cinq côtés, tous ſes angles ajoûtés enſemble font 540 dégrés ou ſix fois 90, ce qui peut ſervir à prouver les opérations.

On peut auſſi lever les ſinuoſités d'une riviére avec la Bouſſole : il eſt même plus à propos de ſe ſervir de cet Inſtrument que d'aucun autre. La Bouſſole ſert encore à lever le plan d'un bois auquel cas elle eſt d'un bon uſage ; alors les opérations à faire ſont à peu-près les mêmes que celles que nous venons d'expliquer.

Cette maniére de lever un plan paroît aſſez expéditive ; mais il y a bien de la difficuté de faire avec la Bouſſole des opérations fort exactes, à cauſe du fer qui ſe peut trouver caché dans les lieux où l'on eſt obligé de la placer.

Nous faiſons encore pour ces uſages une ſorte de Bouſſole qui eſt fort commode. La boëte eſt de bois de poirier ou de cormier bien ſec, de cinq à ſix pouces en quarré & d'un pouce d'épaiſſeur : le dedans eſt tourné comme celle de cuivre ; on y met une Roſette des vents dans le fond, & on y place à la hauteur requiſe un cercle de laiton qu'on diviſe en 360 dégrés. On y ajuſte à l'un des côtés paralléles à la ligne Nord & Sud, une régle de bois ou de cuivre qu'on attache au milieu par le moyen d'une vis, afin de rendre cette régle mobile, & qu'elle hauſſe & baiſſe ſuivant que le terrein le demande. On ajuſte aux extrémités de cette régle deux pinules fendues. Le reſte de la Bouſſole eſt à l'ordinaire comme celle ci-devant, & les opérations s'y font plus commodément & plus ſûrement, parce qu'il ne ſe trouve point de fer dans le bois, comme il peut s'en trouver dans le cuivre.

CHAPITRE VIII.

Uſages des ſuſdits Inſtrumens de Mathématique appliqués à la Fortification des Places.

LA Fortification eſt l'art de mettre un lieu en tel état, qu'un petit corps de troupes y puiſſent réſiſter avantageuſement à une armée conſidérable.

Les maximes qui ſervent de fondement à l'art de fortifier, conſiſtent en certaines régles générales établies par les Ingénieurs & fondées ſur la raiſon & l'expérience. Nous en parlerons ci-après.

L'Ingénieur principal ayant examiné l'étendue & la ſituation du lieu qu'il s'agit de fortifier, communique ſon deſſein par un plan & un profil (comme il paroît par la *Planche* 16) à quoi il ajoûte ordinairement un devis, c'eſt-à-dire, un diſcours qui explique l'ordre & la qualité des matériaux qui doivent être employés par les Entrepreneurs ; leſquels ayant fait

XVI. Planche

ſonder en pluſieurs endroits du lieu propoſé la nature du terrein, feront un marché de chaque toiſe d'ouvrage, par le moyen duquel l'Ingénieur pourra voir à peu près la dépenſe de tout l'ouvrage, le nombre des ouvriers néceſſaires pour l'exécution, & le tems qu'il conviendra d'y employer pour le rendre parfait.

Fig. 1. Le plan d'une fortification eſt un deſſein qui repréſente par le moyen de pluſieurs lignes tracées horiſontalement ou de niveau l'enceinte d'une Place.

Ce deſſein contient pluſieurs lignes paralléles entre elles ; mais le premier & principal trait, qui doit être marqué par une ligne plus apparente que les autres, répreſente la principale enceinte du corps de la Place entre le rempart & le foſſé : de ſorte que par le plan & ſon échelle on connoît les longueurs & largeurs de tous les ouvrages qui compoſent ladite fortification.

Fig. 2. Le profil repréſente les principaux traits qui paroîtroient ſur une ſurface plane : il doit couper verticalement & ſéparer par le milieu tous ces mêmes ouvrages. Pour le tracer on a coutume de ſe ſervir d'une plus grande échelle que celle du plan, afin d'y pouvoir mieux diſtinguer les largeurs, hauteurs & profondeurs deſdits ouvrages.

Noms des principales Lignes & des principaux Angles qui forment le plan.

XVI. Planche. Fig. 1. LA ligne A B ſe nomme côté extérieur du Polygône.

L M côté intérieur du Polygône.

L G, demi-gorge du baſtion, dont E G eſt le flanc, A E la face, & A L la capitale.

G H eſt la courtine, & A H la ligne de défenſe raſante.

La figure A L G E repréſente un demi-baſtion.

L'angle A N B eſt l'angle du centre.

L'angle K A B, l'angle du Polygône.

L'angle I A E fait de deux faces, s'appelle angle flanqué ou angle de baſtion.

L'angle A E G fait de la face & du flanc, ſe nomme l'angle de l'épaule.

L'angle E G H fait du flanc & de la courtine, ſe nomme l'angle du flanc.

L'angle E G B fait du flanc & de la ligne de défenſe raſante, ſe nomme l'angle flanquant intérieur.

L'angle E D F fait par les deux raſantes qui s'entre-coupent vers le milieu de la courtine, s'appelle angle flanquant extérieur ou angle de tenaille.

L'angle E H G fait de la courtine & de la ligne de défenſe raſante, s'appelle angle diminué. Cet angle eſt toujours égal à celui qui eſt fait de la face du baſtion & de la baſe ou du côté extérieur.

Maximes fondamentales de la Fortification.

CEs principales maximes ſe peuvent réduire à ſix.

La premiére eſt, qu'il n'y ait aucun endroit dans le contour d'une Place qui ne ſoit flanqué ou défendu des flancs, parce que s'il y avoit quelqu'endroit autour de cette place qui ne fût pas vû & défendu par les aſſiégés, l'ennemi pourroit s'y mettre à couvert, & ſe rendre maître de la place en peu de tems.

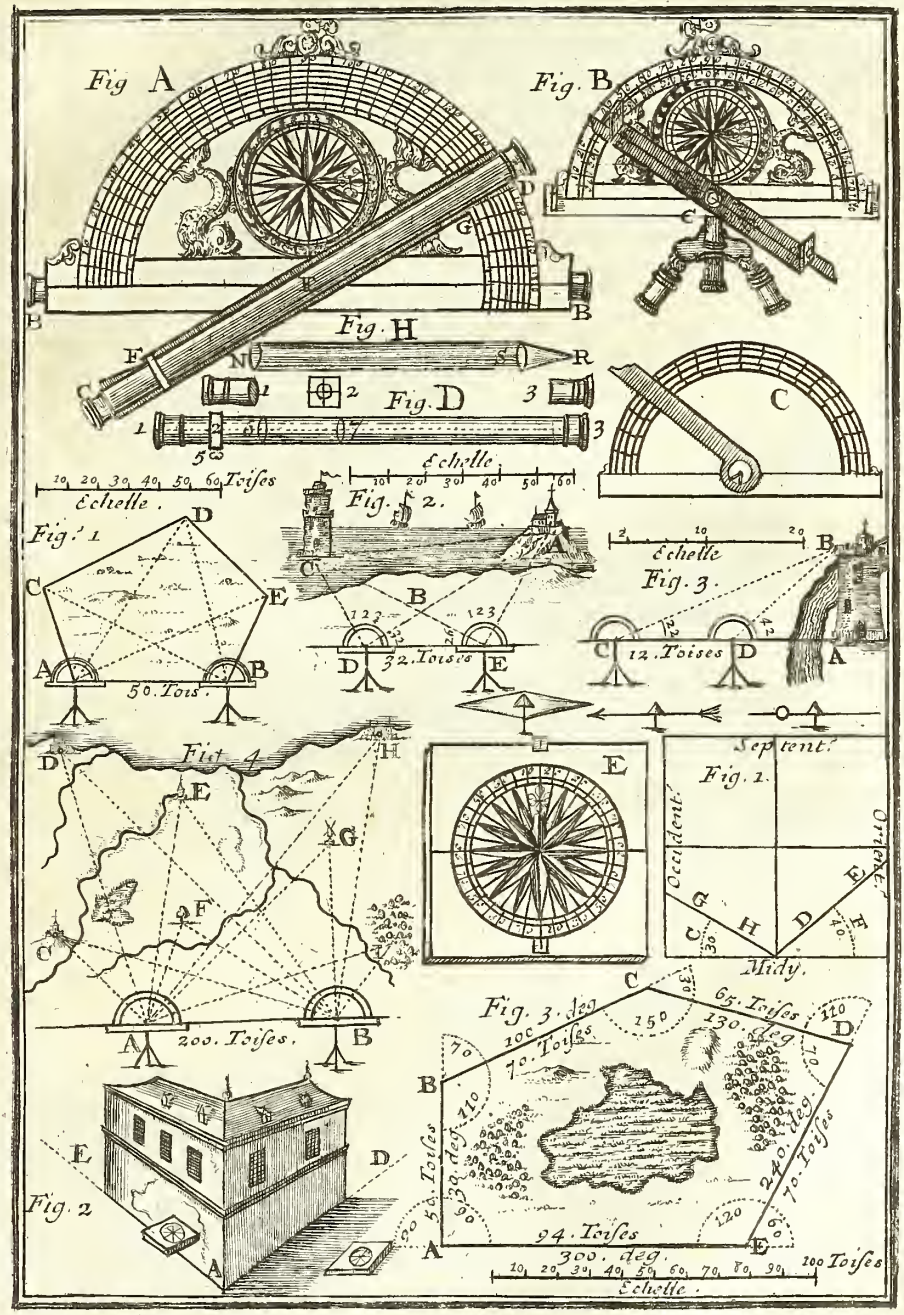


Fig A
Fig. B
Fig. H
Fig. D
Echelle
Toises
Fig. 1
Fig. 2.
Fig. 3.
12. Toises
32. Toises
50. Toises
Fig. 4
200. Toises.
Fig. 2
Septent.
Occident.
Orient.
Midy.
Fig. 1.
Fig. 3. deg
65. Toises
94. Toises
300. deg.

ce côté de polygône ainſi fortifié, vous tracerez un foſſé ici repréſenté par les lignes A C, C B, paralléles aux faces des baſtions, leſquelles ſe rencontrent vers le milieu de la courtine au point C; ce foſſé doit avoir de largeur au moins 20 toiſes vis-à-vis la face & trois toiſes de profondeur. Les terres qui ſe tireront du foſſé ſerviront à former le rampart avec ſon parapet & le glacis du chemin couvert, ayant ſoin de conſerver les terres les plus fines pour le parapet du corps de la place & celui du chemin couvert; car ſi ces terres étoient pierreuſes, les boulets de canon tirés par les Aſſiégeans contre ces parapets feroient ſauter les pierres & accableroient les ſoldats qui défendent le corps de la Place: quand ces terres ſont au contraire fines & bien épurées de pierres, le boulet ne fait que ſon trou & s'y enterre, pourvû toutefois qu'il y ait aſſez d'épaiſſeur pour l'amortir. L'expérience a fait connoître qu'il faut environ vingt pieds d'épaiſſeur de terre bien battue pour mettre un parapet à l'épreuve du canon.

Le Parapet ſe conſtruit ſur le rampart, il doit être large de quatre toiſes y compris la Banquette, & être tracé paralléle aux faces, flancs & courtines qui forment l'enceinte de la Place.

Quant au Rampart on lui donne 15 toiſes de largeur par ſa baſe, & on le trace paralléle aux courtines ſeulement, afin que les baſtions ſoient pleins & que l'on y trouve de la terre quand on aura beſoin pour faire quelque retranchement.

Lorſqu'on laiſſe quelque baſtion vuide, on y conſtruit des ſoûterreins bien voûtés, à l'épreuve de la Bombe, que l'on recouvre de terre bien battue, & l'on tâche de faire en ſorte que l'eau de la pluye n'en pénétre point les voûtes, afin que les proviſions que l'on ſerrera dans ces ſoûterreins s'y puiſſent conſerver en tout tems.

Le Chemin couvert ſe trace paralléle au dehors du foſſé, large d'environ cinq toiſes. On y fait un parapet de ſix pieds de hauteur & une Banquette au pied dudit parapet de trois pieds de large & un pied & demi de haut, afin que les Soldats puiſſent tirer commodément leurs armes à feu par-deſſus le parapet dont le deſſus doit être en glacis, c'eſt-à-dire, ayant une pente douce qui ne ſe termine qu'à 20 ou 30 toiſes dans la campagne. Il faut faire enſorte qu'autour de ce glacis, qui doit environner toute la Place, & loin par-delà s'il ſe peut, il n'y ait aucun lieu creux, où l'ennemi ſe puiſſe mettre à couvert; c'eſt pourquoi quand un Ingénieur viſite les fortifications d'une Place, il a grand ſoin d'en examiner les environs, pour faire combler tout ce qui ſe trouve de chemin creux, du moins à la portée du mouſquet au-delà du Chemin couvert; & en même tems il fait raſer tout ce qui s'y trouve de trop élevé, afin que ceux qui défendent la Place puiſſent découvrir tous les environs.

Tracer le profil d'une Place fortifiée.

Fig. 2. POur cet effet il faut premiérement conſtruire une échelle de 20 ou 30 toiſes aſſez étendue, pour qu'une toiſe y ſoit d'une grandeur ſenſible.

Tirez enſuite la ligne indéfinie O N, repréſentant le niveau de la campagne, prenez ſur votre échelle 15 toiſes, que vous porterez de O en Q, pour marquer la baſe du Rampart; portez de G en R 20 toiſes pour la largeur du foſſé vis-à-vis une des faces du Baſtion; car il eſt plus

large vis-à-vis la courtine ; portez 5 toises de R en P pour la largeur du chemin couvert ; & enfin 20 ou 30 toises de P en N, pour la base du glacis ; les plus longs glacis sont les meilleurs.

Après avoir déterminé les largeurs ou épaisseurs, il faut marquer les élevations au-dessus du niveau de la campagne & les enfoncemens au-dessous du même niveau, comme nous allons faire.

Prenez trois toises sur ladite échelle, élevez sur les points O & G des perpendiculaires de cette hauteur, pour élever au-dessus du niveau le Terre-plein du Rampart, dont O S est le talus intérieur ou la rampe pour monter de la Ville sur le Terre-plein du Rempart S T, qui a six ou sept toises de large, pour conduire & voiturer commodément les canons sur leurs affuts & toutes les munitions nécessaires pour la défense de la Place. La rampe ou montée du Rampart doit être fort aisée vis-à-vis la gorge des bastions, de sorte que les chariots puissent y monter & en descendre facilement.

Aux terres nouvellement remuées on fait la base du talus O Z égale à la hauteur des terres, de sorte que si la hauteur a trois toises, la base du talus a aussi trois toises ; c'est ce que l'on fait tout le long des courtines au talus intérieur du Rampart.

Mais à l'entrée des bastions il faut du moins doubler la base du talus ; c'est-à-dire, que pour une hauteur de trois toises, il faut faire la base du talus au moins de six ou huit toises, pour qu'un chariot y puisse monter.

Lorsque le Rampart est formé & que les terres en sont suffisamment rassises (ce qui ne se peut faire qu'avec le tems & la précaution de les bien battre de deux pieds en deux pieds de hauteur, afin que les terres se puissent lier ensemble) on y étend d'espace en espace un lit de fascines ; on construit sur les terres du Rampart un Parapet, auquel on donne six pieds de hauteur intérieure & quatre pieds de hauteur extérieure, afin que le dessus des terres ait une pente douce, qui serve à découvrir tout ce qui est au-delà du fossé, & qu'étant monté sur la Banquette on puisse voir le chemin couvert & le défendre en cas d'attaque.

La base du Parapet X Y doit avoir environ quatre toises de largeur, afin que le haut diminué de ses deux talus ait encore au moins vingt pieds de large. Au bas du talus intérieur du Parapet on fait une Banquette de trois pieds de largeur & un demi de haut, afin que le Parapet ait quatre pieds & demi de hauteur au-dessus de la Banquette, ce qui suffit pour que les soldats puissent tirer commodément leurs armes à feu par-dessus le parapet.

Il faut avoir grand soin de battre les terres du parapet de pied en pied de hauteur avec des lits de fascine ; & afin de ne pas donner un si grand talus aux terres du parapet, on a coutume de le revêtir de bons gazons de terre grasse, que l'on coupe avec une bêche de Jardinier tous égaux sur la surperficie d'un pré choisi aux environs de la place ; leur longueur est d'environ 15 pouces sur 10 de large. Pour placer les gazons il faut asseoir le premier lit bien de niveau tout le long d'une étendue de plusieurs toises, & poser ceux du second en sorte que tous les joints du premier soient recouverts des gazons qui font le second lit, & les joints du second pareillement recouverts des gazons du troisiéme lit, & ainsi des autres, afin que le tout fasse bonne liaison.

Il suffira de donner à l'intérieur du Parapet deux pouces de talus par pied de hauteur, & au talus extérieur dudit Parapet environ quatre pouces par pied. Il faut un Jardinier adroit pour conduire cette sorte d'ouvrage, c'est-à-dire, pour couper les gazons & les placer comme il convient.

Au bas ou pied du talus extérieur du Parapet & du Rampart on laisse une petite Berme marquée Q, d'environ quatre pieds de large : elle sert à retenir les terres qui peuvent se détacher du talus.

La pente Q B représente le talus intérieur des terres du fossé qui a trois toises de profondeur, B K en est le talus extérieur. Si ces terres sont mouvantes il faut leur donner assez de pente pour qu'elles restent sans s'ébouler ou retomber dans le fossé. Mais si elles sont fermes & qu'elles puissent facilement rester sans retomber, on leur donne moins de talus. La ligne R P représente le Terre-plein du Chemin couvert, qui doit avoir cinq toises de largeur. P A représente le Parapet du chemin couvert, avec sa Banquette au pied : le tout doit avoir six pieds de hauteur, pour mettre à couvert ceux qui sont sur le chemin couvert.

La pente supérieure du glacis A N doit être de terre douce dont on ôte les pierres, s'il y en a, avec un rateau de fer, & on les enterre au pied du glacis, afin que quand l'ennemi fera tirer le canon sur ledit glacis, les boulets s'y enfoncent sans faire rejaillir les éclats de pierre dans le Chemin couvert.

Tracer le Plan d'une Fortification sur la terre.

XVI. Planche. Fig. 1.

SOit proposé le plan de la figure première à tracer sur la terre. Au lieu de compas & de régle il faut employer les piquets, la toise & les cordeaux. C'est pourquoi après avoir bien examiné le terrein & considéré où l'on doit placer les Bastions & les portes qui se font pour l'ordinaire au milieu des courtines, il faut premiérement planter de longs piquets aux endroits où l'on prétend placer les angles flanqués des Bastions, & il est à propos d'y faire toute l'attention nécessaire, avant que de commencer.

Ayant donc planté perpendiculairement un long piquet sur le terrein, à l'endroit où l'on a résolu de placer la pointe du Bastion marquée A, on fera mesurer bien exactement avec une toise ou avec une chaîne de cinq toises jusqu'à 90 toises, au bout desquelles on plantera un piquet marqué C, & l'on continuera vers le lieu où l'on prétend placer la pointe du Bastion B, en mesurant encore 90 toises au bout desquelles on plantera un autre piquet, qui marquera le point du Bastion B.

Pendant que l'on mesurera avec les chaînes ou cordeaux il faut faire suivre quelqu'ouvrier avec un pic à la main, qui fasse sur le terrein une trace ou un sillon continué de piquet en piquet, avant qu'on leve les cordeaux. Après quoi il faudra retourner au piquet C, pour y faire une perpendiculaire sur la trace A C B. Mais pour tracer ladite perpendiculaire mesurez avec la toise de C en A deux ou trois toises, & au bout plantez-y un piquet : mesurez pareillement de C vers B un nombre égal de toises, au bout desquelles vous planterez un second piquet : ayez deux cordeaux bien égaux, qui ayent chacun un nœud à un de leurs bouts ; faites entrer un de ces nœuds autour de chacun des piquets que vous venez de planter ;

& tenant à votre main les deux autres bouts des cordeaux égaux étendez-les jusqu'à ce qu'ils se joignent sur le terrein ; plantez ensuite au point de leur jonction un troisiéme piquet ; enfin mettez un cordeau au piquet C, & le prolongez tant qu'il sera besoin, le faisant passer par ce troisiéme piquet ; après quoi faites tracer un sillon le long du cordeau, & il sera perpendiculaire sur la ligne A C B.

Du point C faites mesurer 30 toises le long de ce sillon, & au bout de ces 30 toises plantez-y un long piquet bien à plomb, qui marquera le point D de votre plan. Retournez au piquet A, d'où étant bien aligné au piquet D faites tracer un sillon le long de cet alignement, vous servant pour cet effet d'un piquet que vous ferez mettre à plomb entre A & D devant les yeux de l'ouvrier qui trace le sillon ; faites mesurer le long dudit sillon cinquante-cinq toises du piquet A allant vers D, pour la longueur de la face du bastion A E ; & faites planter un long piquet au point E pour y marquer l'angle de l'épaule.

Allez ensuite au piquet B, faites-y les mêmes opérations pour tracer la face B F, & plantez un piquet à l'angle de l'épaule F.

Prolongez l'alignement B F, de D allant vers G ; de même que l'alignement A E de D vers H ; mesurez avec l'échelle du plan les lignes D G, D H, portez sur le terrein leurs justes longueurs de D en G & en H, où vous planterez des piquets : après quoi il sera facile de tracer sur la terre les flancs E G, F H & la courtine G H.

Vous aurez par ce moyen un front de place fortifiée, ledit front tracé sur le terrein ; les autres se traceront de même avec les piquets & cordeaux. Il ne sera pas hors de propos d'examiner avec un Demi-cercle ou un Récipiangle si les angles du plan tracé sont égaux à ceux du plan destiné, & de le rectifier avant que d'y mettre les Ouvriers. Il faut aussi de tems en tems prendre garde si les traces sont suivies exactement ; car sans ces précautions, il s'y pourroit faire beaucoup de difformités, qu'il seroit très-difficile de corriger.

De la construction des Dehors.

LEs Dehors en terme de fortification sont des ouvrages élevés que l'on construit au-delà du fossé d'une place fortifiée, pour la couvrir & en augmenter la défense. Fig. P.

Les plus ordinaires & les plus communs entre ces sortes d'ouvrages sont les Ravelins ou Demi-lunes qui se forment sur l'angle flanquant de la Contrescarpe entre deux Bastions & devant la Courtine, pour couvrir les Portes & les Ponts qui se font ordinairement au milieu des Courtines, comme les figures P P le montrent.

Les Ravelins sont composés de deux faces garnies d'une ou deux Banquettes ou d'un bon Parapet élevé du côté de la campagne & de deux Demi-gorges sans parapet du côté de la ville, avec une ouverture & un talus pour monter du grand fossé sur le Terre-plein du Ravelin.

On bâtit à chaque Ravelin un Corps-de-garde pour mettre à l'abri des injures du tems les soldats nécessaires pour le garder & le défendre ; mais il est à propos que ce Corps-de-garde soit en forme de réduit avec des crenaux tout autour, pour que les soldats en cas d'assaut s'y puissent retirer & obtenir quelque capitulation, avant que de rendre les armes.

Pour tracer un Ravelin devant une Courtine ouvrez le compas de la grandeur du côté intérieur du polygône ; arrêtez une des pointes du compas ainſi ouvert ſur une des extrémités de ladite ligne, & de l'autre pointe décrivez un arc au-delà de la Contreſcarpe ; arrêtez de même une pointe du compas ſur l'autre extrémité du côté intérieur, & de l'autre pointe tracez un ſecond arc, coupant le premier en un point qui marquera la pointe ou l'angle flanqué du Ravelin ; mettez une régle ſur ce point d'interſection & ſur chacune des extrémités dudit côté intérieur, pour tracer les faces du Ravelin, qui ſe termineront à droite & à gauche ſur le bord de la Contreſcarpe. Les deux Demi-gorges ſe tireront de l'extrémité de chaque face, juſqu'à l'angle rentrant de ladite Contreſcarpe.

Mais pour que l'angle flanqué du Ravelin ne ſoit pas trop aigu ne donnez qu'environ quarante toiſes à ſa capitale R S, & faites le reſte comme nous venons de dire.

On place quelquefois un ſemblable onvrage devant la pointe d'un Baſtion ; & comme ſa gorge eſt bâtie ſur le bord de la Contreſcarpe que l'on arrondit ordinairement vis-à-vis la pointe des Baſtions, on donne à cet ouvrage le nom de Demi-lune, parce que ſa gorge eſt en forme d'arc : on confond ſouvent l'un avec l'autre, & la plûpart des ſoldats donnent ſans diſtinction le nom de Demi-lune aux Ravelins qui ſe font devant les Courtines.

C'eſt un défaut lorſque cet ouvrage eſt trop éloigné des flancs des Baſtions, pour en être ſuffiſamment défendu ; c'eſt pourquoi on ne fait point de Demi-lune devant la pointe d'un Baſtion, à moins que l'on ne faſſe en même tems d'autres Dehors à droite & à gauche devant les Courtines voiſines, qui la puiſſent défendre.

Il eſt à propos que ces ouvrages ſoient revêtus de murailles, auſſi-bien que le corps de la place ; car quand ils n'en ſont pas revêtus, on eſt obligé de donner un ſi grand talus aux terres, qu'il eſt facile de monter dans l'ouvrage par ſon talus ; mais on le revêt d'une muraille élevée juſqu'au niveau de la campagne ; ce qu'on appelle demi-revêtement. (Voyez la petite Figure au bas de la Planche X V I.)

Cependant il faut laiſſer raſſeoir du moins un an ou deux les terres nouvellement remuées, avant que de les revêtir, afin qu'elles s'affaiſſent peu à peu, & que dans la ſuite elles ne renverſent pas les murailles qui leur ſervent de revêtement.

Conſtruction des Ouvrages à corne.

XVI. *Planche.* Fig. 3. CEtte ſorte d'Ouvrage ſe fait ordinairement devant les Courtines, & comme il eſt de plus grande dépenſe que les Ravelins, il ne ſe fait pas ſans néceſſité, ſoit pour couvrir quelqu'endroit de la place plus foible que les autres, ſoit pour occuper une hauteur qu'on n'a pû renfermer dans le corps de la place.

Pour le tracer tirez premiérement ſur le milieu de la Courtine la perpendiculaire 1 2, longue à diſcrétion ; & à cette ligne deux paralléles ſur les angles des épaules des Baſtions voiſins de la Courtine 3, 4, 5, 6. Ces deux paralléles que l'on appelle les aîles de l'Ouvrage à corne doivent tirer leurs défenſes des faces de ces Baſtions ; c'eſt pourquoi leur longueur ne doit guére paſſer 120 toiſes, à compter des épaules. Par les extrémités des aîles tirez la ligne 4 6 (qui ſera le côté extérieur de l'Ouvrage à

corne) & qui ſe trouvera diviſée en deux parties égales au point 7, par la perpendiculaire 1, 2 : prenez avec un compas la moitié dudit côté extérieur, & la portez ſur les longs côtés 5 de 4 en 8, & de 6 en 9 ; tirez enſuite les lignes 4 9, & 6 8, qui ſe croiſant au point 10, forment l'angle de tenaille ; ce qui repréſente un Ouvrage, que l'on appelle *Tenaille ſimple*, qui ſe place aſſez ordinairement devant les Courtines avec un petit Ravelin au-delà du foſſé entre les deux angles ſaillans & vis-à-vis le milieu de l'angle rentrant ou de tenaille.

Mais pour renforcer cet Ouvrage on y ajoûte deux Demi-baſtions & une Courtine entre deux ; ce qui vaut mieux que deux ſimples angles rentrans.

Pour tracer les Demi-baſtions diviſez la ligne 4 10 en deux parties égales au point 11 ; & de même la ligne 10 6, au point 12 ; des points 11 & 12 tirez juſqu'au milieu de la Courtine de la Place, où eſt le point 1, les lignes occultes 12 1, 11 1, & par ce moyen vous aurez la petite Courtine 13 14 de l'Ouvrage à corne, les deux flancs 11 13, 12 14, & les deux faces 11 4, 12 6.

Les côtés de ces Ouvrages qui ſont tournés du côté de la campagne, comme ſont les Demi-baſtions, la Courtine & les aîles de l'Ouvrage à corne doivent être munis d'un bon Parapet de terre douce bien battue de 18 à 20 pieds d'épaiſſeur & de 6 pieds de hauteur par devant, y compris la Banquette, de même que celui du corps de la place, en obſervant toutefois que les Parapets des ouvrages les plus proches du centre de la place doivent toujours être plus élevés au-deſſus du niveau de la campagne, que ceux des ouvrages plus éloignés, afin que quand les aſſiégeans ſe ſeront emparés de quelque Dehors, les aſſiégés qui défendent le corps de la place les voyant tout à découvert, puiſſent les empêcher d'y reſter & de s'y loger.

Ces Parapets doivent être ſoutenus d'un Rampart, dont le Terre-plein qui porte la Banquette ait 3 ou 4 toiſes de largeur ; mais quand la terre manque, on ſe contente de conſtruire pluſieurs Banquettes l'une ſur l'autre de 18 pouces de haut & de 3 ou 4 pieds de large ; & au-deſſus de la plus haute Banquette le Parapet doit avoir environ quatre pieds & demi de hauteur, pour couvrir les ſoldats juſqu'aux épaules ; le deſſus du Parapet doit être en glacis, qui baiſſe peu à peu vers la campagne, afin que les aſſiégés puiſſent voir l'ennemi & tirer deſſus ſans être vûs.

Les parties de ces ouvrages, qui ſont du côté de la place, doivent être ſans Parapet, mais ſeulement fermés d'un ſimple mur ou d'une rangée de paliſſades, pour éviter les ſurpriſes de l'ennemi ; & c'eſt de ce côté-là que doit être la Porte pour communiquer du corps de la place dans l'ouvrage, & le corps-de-garde pour mettre à couvert les ſoldats deſtinés pour la défenſe.

Tous ces Ouvrages doivent être environnés d'un foſſé large de dix à douze toiſes, lequel communique avec le foſſé du corps de la place, & ſoit auſſi profond.

Au-delà du foſſé on fait un Chemin couvert large de cinq à ſix toiſes avec un Parapet & ſa Banquette que l'on garnit ordinairement d'une enceinte de fortes paliſſades enfoncées dans la terre à trois ou quatre pieds de profondeur. Le deſſus de ce Parapet qui va en glacis ſe doit terminer à la campagne ; & ſi l'on peut le prolonger de vingt ou trente toiſes, il n'en ſera que mieux : car un glacis ne peut pas être trop long, puiſque par ſon moyen l'ennemi ne peut approcher de la place, qu'il ne ſoit entierement découvert,

Méthode pour fortifier les Places par M. le Marechal de Vauban.

QUoique cette maniére de fortifier ne différe guére de celle du Comte de Pagan, cependant nous en dirons ici quelque choſe en abrégé, pour faire connoître la différence de celle-ci d'avec l'autre.

L'expérience a fait connoître que le flanc formé par la corde d'un ſégment, qui a pour centre l'épaule du Baſtion oppoſé, eſt le meilleur de tous ; les coups que l'on en tire ſont droits, le ſervice du canon en eſt facile, & le mouſquetaire n'eſt point gêné. C'eſt ce que Mr. de Vauban a ſuivi dans les Places qu'il a fait fortifier. Dans le flanc on fait un concave qui eſt tellement couvert par l'Orillon, qu'il ne peut être battu de front que de ſa largeur ; encore lui reſte-t-il de l'artillerie cachée qui défend le foſſé & qui bat de revers dans la bréche.

On conſtruit l'Orillon à l'épaule du Baſtion ſur la troiſiéme partie de ſon flanc, & pour en trouver le centre on éleve une perpendiculaire au-dedans du Baſtion ſur le milieu de cette troiſiéme partie, & de l'extrémité de la face on éleve une ſeconde perpendiculaire qui venant à couper la premiere donne par ſa ſection le centre de l'Orillon ; ce centre eſt le même que le centre d'un cercle auquel la face prolongée ſerviroit de tangente, & la ſeconde perpendiculaire du ſinus total ou demi-diamétre. C'eſt dans les Orillons que l'on fait les Fauſſes-portes pour les ſorties, pour le ſervice des Dehors & du foſſé : on appelle *Dehors* tous les ouvrages ſéparés du corps de la place.

Pour faire le concave du flanc, on prolonge la ligne de défenſe de cinq toiſes dans le Baſtion à l'extrémité de la Courtine ; enſuite on fait une autre ligne de cinq toiſes, qui commence à l'Orillon & rentre dans le Baſtion. On fait cette ligne en mettant la régle ſur l'angle flanqué du Baſtion oppoſé & ſur l'extrémité de l'Orillon ; puis on prend pour centre du concave un angle de 60 dégrés ; c'eſt-à-dire que l'eſpace qui eſt entre les deux prolongemens ſert de côté à un triangle équilatéral, dont l'angle oppoſé à ce côté ſert de centre au concave. On place le canon au concave des flancs, dans ſon Parapet on fait des coupures qu'on nomme Embraſures ; ce qui reſte de terre entre chaque Embraſure eſt appellé *Merlon*.

La principale action du Flanc eſt de nettoyer le Foſſé, les Demi-lunes & quelques angles ſaillans du Chemin couvert, communément appellé Contreſcarpe. Ce Chemin environne la place & ſes dehors : il eſt compris entre le Foſſé & un Parapet qui l'empêche d'être vû de la campagne. Par cette méthode on a toujours deux piéces d'artillerie cachées, dont l'une nettoye le Chemin couvert & la Demi-lune, & l'autre bat dans la Bréche de l'angle flanqué du Baſtion & dans les retranchemens qu'on y fait. (La petite Figure quatriéme fera connoître une Fortification à Orillons).

Pour ſecond Flanc on fait une Tenaille à l'abri de toute inſulte. Mr. de Vauban a reconnu que la Tenaille ſimple étoit plus utile que celle à flanc & que les ruines n'incommodoient point ceux qui la défendent. C'eſt entre elle & la Courtine qu'au ſortir de la Fauſſe-porte de l'Orillon on range en bataille les troupes deſtinées pour le ſervice des Dehors. Le petit Foſſé de deux toiſes de largeur, qui ſepare la Tenaille dans ſon milieu, ſert à faire

défiler

défiler le soldat ; & quoique la Tenaille soit séparée en deux parties par un Fossé, elle conserve son nom & doit être régardée comme un seul ouvrage, à cause du petit pont qui rend son service aussi aisé que si elle n'étoit point séparée.

On fait aussi des Caponiéres dans le Fossé au milieu des Tenailles : c'est un double Chemin couvert palissadé de part & d'autre par où les troupes passent pour gagner les Dehors. Ce double Chemin est large de 12 pieds, ses Parapets sont élevés de trois pieds au-dessus du niveau du Fossé, & on leur donne seulement une Banquette à chacun. Ces sortes d'ouvrages sont excellens pour empêcher le passage du Fossé. Au sortir de la Caponiére le soldat doit être à couvert du feu des ennemis logés sur le Glacis : on le couvre en coupant parallélement à la Courtine la Gorge de l'ouvrage où aboutit la Caponiére : la plûpart des Dehors ont besoin de cette précaution.

Par la méthode de Mr de Vauban on a quatre Flancs, celui de la Place qui est concave, celui de l'Orillon & ceux de la Tenaille & de la Caponiére ; & quand le Bastion a un cavalier, c'est un cinquiéme Flanc. (La petite figure cinquiéme fait connoître la construction de la Tenaille & de la Caponiére).

Les Dehors dont nous venons de parler sont les plus ordinaires. Il s'en fait néanmoins de plusieurs autres sortes dont nous ne parlerons point ici : cette matiére demanderoit seule un gros volume ; ceux qui voudront s'en éclaircir plus à fond pourront voir d'excellens Livres faits sur ce sujet, comme aussi examiner avec soin le plan de la Ville du Neuf-Brisak & le détail exact de chacune de ses parties. C'est sans contredit la plus réguliére & la mieux fortifiée du Royaume, & celle où Mr le Maréchal de Vauban a employé tout ce que l'art & la science ont pû trouver d'avantageux.

Méthode pour toiser les ouvrages de Fortifications.

LEs terres dont se forment les Ramparts & les Parapets se tirent ordinairement des Fossés que l'on fait autour de la place ; & pour en connoître la quantité on mesure le vuide des fossés, & on le réduit en toises cubes dont on paye l'excavation & le transport aux Entrepreneurs suivant le prix convenu.

Ainsi quand le Fossé qui est vis-à-vis la face d'un Bastion a 50 toises de long, 20 toises de large & 4 de profondeur, on multiplie la longueur 50 par la largeur 20 ; & le produit est 1000 toises quarrées, lesquelles on multiplie par quatre toises de profondeur, ce qui fait 4000 toises cubes.

Il faut remarquer, que comme on est obligé de donner un grand talus aux terres, afin qu'elles puissent rester sans s'ébouler, ce Fossé doit être bien plus large par le haut que par le bas. C'est pourquoi, si l'on veut que le Fossé ait vingt toises de largeur par le milieu de la profondeur, il faut lui donner par le haut au moins 22 toises de largeur, & 18 par le bas ; ces 22 toises ajoûtées à 18 font 40, la moitié 20 est la largeur réduite.

A l'égard de la profondeur, comme il y a souvent des creux & des buttes sur la face de la terre, on oblige les Ouvriers de laisser en creusant au travers du Fossé quelques bandes de terre, pour servir de témoins de la hauteur des terres, jusqu'à ce que le tout soit mesuré ; & quand il y a dans un attelier plusieurs témoins d'espace en espace, on prend les hauteurs perpendiculaires de chacun, on les ajoûte ensemble, & l'on divise la somme par le

nombre des témoins. Si, par exemple, on a ajoûté enſemble ſix hauteurs, on prend la ſixiéme partie de la ſomme pour la hauteur réduite.

La maſſonnerie qui ſoutient les terres doit avoir de l'épaiſſeur à proportion de ſa hauteur : on lui donne auſſi un talus d'environ un pied par toiſe de hauteur.

Si l'on bâtit un mur pour ſoutenir les terres du Rampart de la place, & que ce mur ait, par exemple, ſix toiſes de hauteur, la moindre épaiſſeur que l'on puiſſe donner par le haut eſt de trois pieds, & par le bas de neuf pieds au-deſſus de la fondation, à cauſe de ſon talus qui eſt d'un pied par toiſe : or ces deux épaiſſeurs 9 & 3, font 12, dont la moitié 6 pieds ſera l'épaiſſeur réduite de ce mur : & par conſéquent, pour revêtir la face d'un Baſtion qui a 50 toiſes de long, 6 toiſes de haut & une toiſe d'épaiſſeur réduite, il faut trois cent toiſes cubes de maſſonnerie, ſans y comprendre la fondation, que l'on ne peut pas déterminer ſans connoître le terrein. Outre cela on a coutume de faire des Contre-forts pour ſoutenir les terres & empêcher de trop peſer contre le mur du revêtement : Ces Contre-forts doivent être fondés ſur la terre ferme & entrer dans les terres remuées au moins d'une toiſe de long; on leur donne ſept à huit pieds de large à la racine, c'eſt-à-dire, du côté où ils ſont attachés au mur du revêtement & quatre à cinq pieds à la queue qui s'avance dans les terres du Rampart, ce qui revient à une toiſe de ſurface, en ſuppoſant, comme nous venons de dire, ſept pieds à la racine & cinq pieds à la queue, qui font douze pieds, dont la moitié ſix pieds eſt l'épaiſſeur réduite; & ſuppoſant quatre toiſes de hauteur l'un portant l'autre, chaque Contre-fort aura quatre toiſes cubes. Or comme on n'en doit pas faire moins de dix dans une étendue de cinquante toiſes, la maſſonnerie de dix Contre-forts reviendra à quarante toiſes cubes : de ſorte que pour revêtir de murailles les deux faces & les deux flancs d'un Baſtion, on peut compter environ mille toiſes cubes de maſſonnerie : & pour revêtir une Courtine qui a quatre-vingt toiſes de longueur, il faut compter environ ſix cens toiſes cubes de maſſonnerie : de là on pourra facilement eſtimer ce qu'il en faut pour le revêtement de toute une Place. Remarquez qu'il vaut mieux faire l'eſtimation plus forte que trop foible; car ſi l'on a trop de fond, il ſert pour ſubvenir aux dépenſes imprévûes.

Il nous reſte encore à parler du toiſé de la charpente, dont on a beſoin pour conſtruire les ponts, portes & autres ouvrages de cette nature.

Pour meſurer les bois de charpente on les réduit en ſolives.

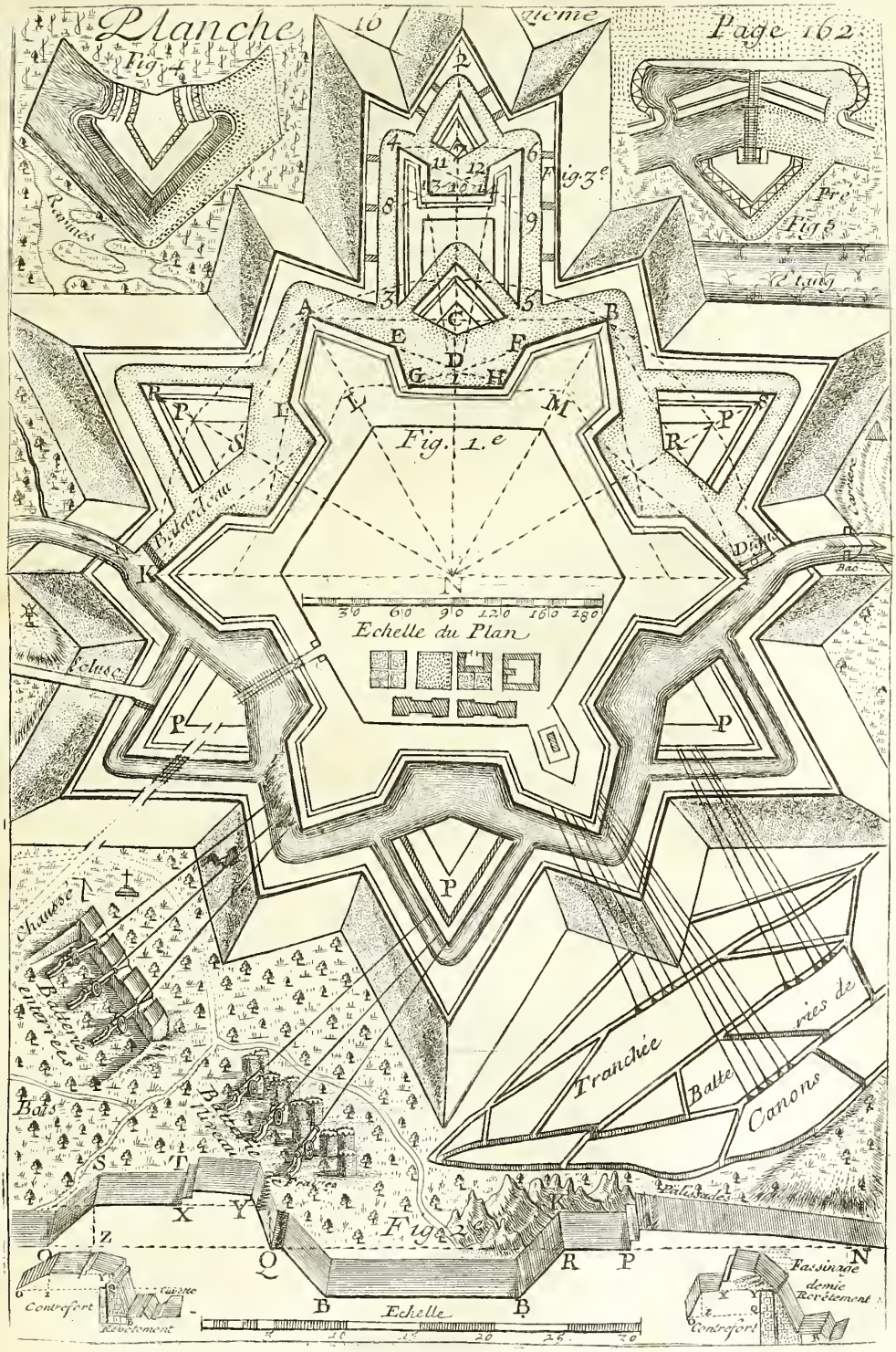
La ſolive eſt une piéce de bois ayant 12 pieds de longueur & 36 pouces quarrés de ſurface, c'eſt-à-dire, ſix pouces de largeur ſur ſix de groſſeur, ce qui reviendra à trois pieds cubes de bois, qui ſont la 72me partie d'une toiſe cube.

Dans les ouvrages de Fortification on compte les longueurs des piéces de bois miſes en œuvre comme elles ſont, y compris les tenons.

Nous donnerons ici deux maniéres d'en faire le calcul, afin que l'une puiſſe ſervir de preuve à l'autre.

La premiére eſt de réduire en pouces la groſſeur de la piéce de bois, c'eſt-à-dire, les pouces de ſa largeur & de ſon épaiſſeur; & après avoir multiplié ces deux quantités l'une par l'autre pour en faire des pouces quarrés, on en multiplie le produit par les toiſes, pieds & pouces de la

Planche 16ieme



longueur ; on diviſe enſuite ce dernier produit par 72, & le quotient donne le nombre de ſolives que contient la piéce de bois.

La raiſon de cette pratique eſt que 72 chevilles d'un pouce de gros ſur une toiſe de long font une ſolive.

Suppoſons, par exemple, qu'il faille réduire en ſolives une poutre ayant de longueur 2 toiſes 4 pieds 6 pouces, & 12 à 15 pouces de gros : il faut multiplier 15 par 12, dont le produit eſt 180 pouces quarrés, leſquels il faut encore multiplier par 2 toiſes 4 pieds 6 pouces, dont le produit eſt 495, lequel étant diviſé par 72, donne pour quotient 6 ſolives & 7 huitiémes.

La ſeconde méthode pour réduire les bois de charpente en ſolives, eſt fondée ſur ce que la ſolive contient trois pieds cubes, ou la 72me partie de la toiſe.

Elle ſe pratique de la maniére ſuivante : multipliez les pouces de ſon équarriſſage les uns par les autres, c'eſt-à-dire, les pouces de ſa largeur par ceux de ſon épaiſſeur, & du produit prenez-en le douziéme, que vous multiplierez par la longueur de la piéce ; & ce dernier produit ſera le nombre de ſolives & parties de ſolive que l'on cherchoit.

Soit pour exemple la même piéce de bois ayant de longueur 2 toiſes 4 pieds 6 pouces, & 12 à 15 pouces de gros ; en multipliant 15 par 12, le produit eſt 180 pouces quarrés.

La douziéme partie de ce nombre eſt quinze, qui étant conſidéré comme des pieds fait deux toiſes trois pieds, leſquels multipliés par la longueur 2 toiſes 4 pieds 6 pouces font enfin 6 ſolives 5 pieds & 3 pouces ; de ſorte qu'il ne s'en manque que neuf pouces ou la huitiéme partie d'une toiſe pour faire ſept ſolives, comme dans le calcul de la premiére méthode.

Fin du quatriéme Livre.

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES TANT DE DIFFERENS NIVEAUX POUR LA CONDUITE DES EAUX,

Que de différens Instrumens servans à l'Artillerie.

LIVRE CINQUIÉME.

De la construction & des usages de plusieurs Niveaux.

CHAPITRE PREMIER.

Construction du Niveau d'eau.

XVII. Planche. Fig. A.

LE premier des Niveaux qui servent à la conduite des eaux est le Niveau d'eau. Cet Instrument est composé d'un tuyau rond de cuivre ou autre matiére, long d'environ trois pieds sur douze à quinze lignes de diamétre. Il est recourbé par les bouts à l'équerre pour y recevoir deux tuyaux de verre de trois ou quatre pouces, que l'on fait tenir avec de la cire ou du mastic. Il y a par dessous une virole attachée au milieu, pour placer l'Instrument sur son pied.

On y verſe de l'eau ordinaire ou colorée par un des bouts, juſqu'à ce qu'il y en ait aſſez pour paroître dans les deux tuyaux de verre.

Ce Niveau quoique fort ſimple eſt très-commode pour niveler de moyennes diſtances.

Il eſt fondé ſur ce que l'eau ſe place toujours naturellement de niveau C'eſt pourquoi il n'eſt pas néceſſaire qu'elle ſoit également éloignée des extrémités des deux tuyaux de verre, car elle s'y mettra toujours d'égale hauteur par rapport au centre de la terre.

Conſtruction du Niveau d'air.

LE Niveau d'air marqué B, eſt un tuyau de verre bien droit, d'égale groſſeur & épaiſſeur par tout. Fig. B.

Il s'en fait de différentes longueurs & groſſeurs proportionnées. On le remplit, à quelques gouttes près, d'eſprit de vin ou autre liqueur qui n'eſt point ſujette à ſe geler. Les bouts de ce tuyau ſont terminés en pointe & fermés hermétiquement, c'eſt-à-dire, que le bout par lequel on a verſé l'eſprit de vin, a été enſuite bouché avec le verre même, en le tortillant au rayon du feu vif d'une lampe que l'on ſouffle pour le rendre bien ardent par le moyen d'un chalumeau.

On connoît que cet Inſtrument eſt parfaitement de niveau, lorſque la goutte d'air s'arrête juſtement au milieu; car quand il n'eſt pas de niveau, la goutte d'air comme plus legére court vers le haut pour remplir le vuide.

Conſtruction du Niveau d'air monté.

CEt Inſtrument eſt compoſé d'un Niveau d'air ſimple qui doit être d'environ huit pouces de long ſur ſept à huit lignes de diamétre, comme il eſt marqué au nombre 1. On l'enchâſſe dans un tuyau de cuivre marqué 2, qui eſt évuidé dans ſon milieu, afin que l'on puiſſe voir au-deſſus la bulle d'air. Fig. C.

Il eſt porté ſur une forte régle bien droite d'environ un pied de long, aux extrémités de laquelle ſont placées juſtement deux pinules de même hauteur & ſemblables à celle marquée 3, qui eſt vûë de front; elle a une ouverture quarrée, dans laquelle il y a deux filets de cuivre très-délicatement limés qui ſe croiſent à angles droits. On y perce un petit trou au milieu, & on y attache une petite piéce de cuivre mince, avec un petit clou à tête, afin de boucher l'ouverture quarrée, quand il eſt beſoin. Cette piéce eſt percée d'un petit trou qui répond à celui qui eſt au milieu des filets. Le tuyau de cuivre eſt attaché ſur la régle par le moyen de deux vis, dont l'une marquée 4, ſert à lever ou baiſſer le tuyau tant & ſi peu que l'on veut, pour le placer de niveau & le faire accorder avec les pinules.

La boule du genou eſt rivée à une petite régle qui fait reſſort & eſt attachée par un de ſes bouts avec deux vis à la grande régle, & à l'autre bout il y a une vis à oreille marquée 5, qui ſert à hauſſer ou baiſſer tout l'Inſtrument, quand il y a peu de choſe à changer.

La maniére d'ajuſter ce Niveau eſt facile. Il n'y a qu'à le placer ſur ſon pied, de maniére que la goutte d'air ſoit juſtement au milieu du tuyau; alors fermant la pinule du côté de l'œil & ouvrant l'autre, le point de

l'objet qui eſt coupé par le filet horiſontal eſt de niveau avec l'œil ; & pour connoître ſi le Niveau d'air eſt bien d'accord avec les pinules, il n'y a qu'à retourner l'Inſtrument bout pour bout, fermer la pinule qui étoit ouverte & ouvrir l'autre ; puis regardant par le petit trou, ſi le méme point de l'objet eſt coupé par le filet horiſontal, c'eſt une marque que le Niveau eſt juſte ; & s'il s'y trouve quelque différence, il faut tant ſoit peu hauſſer ou baiſſer le tuyau par le moyen de la vis marquée 4, & répéter cette opération juſqu'à ce que les pinules ſoient d'accord avec le Niveau, c'eſt-à-dire, que regardant un objet, la bulle d'air étant au milieu & enſuite retournant l'Inſtrument, on voye le même objet.

Fig. D Le Niveau marqué D eſt compoſé d'un petit tuyau de verre enchâſſé dans un autre tuyau de cuivre attaché ſur une régle parfaitement égale d'épaiſſeur. Il ſert à connoître ſi un plan (comme une table, pendule, ou autre choſe ſemblable) eſt de niveau.

Conſtruction du Niveau d'air à lunette.

Fig. E. CE Niveau eſt ſemblable à celui marqué C, excepté qu'au lieu de pinules il y a une lunette d'approche afin de découvrir de plus loin. Cette lunette eſt dans un tuyau de cuivre d'environ quinze pouces de long, attaché ſur la même régle que le Niveau, laquelle doit être d'une bonne épaiſſeur & fort droite.

A l'extrémité du tuyau de la lunette marquée 1, entre le petit tuyau, auſſi marqué 1, qui porte le verre oculaire & une ſoie très-déliée placée horiſontalement au foyer de l'objectif marqué 2, on avance ou recule ce petit tuyau dans le grand, pour ajuſter la lunette aux différentes vûes.

A l'autre bout de la lunette eſt placé le verre objectif, dont la conſtruction eſt la même que celle que nous avons donnée pour le Demi-cercle. Tout le corps de cette lunette eſt attaché à la régle auſſi-bien que le Niveau, avec des vis ſur deux petites plaques quarrées ſoudées vers les extrémités de chaque tuyau : ces plaques doivent être d'épaiſſeur parfaitement égale.

Il y a une vis à la petite figure marquée 3, qui doit traverſer la régle & le tuyau de la lunette, afin de pouvoir hauſſer ou baiſſer la petite fourchette qui porte la ſoie, & la faire accorder avec la bulle d'air, quand l'Inſtrument eſt de niveau. La vis marquée 4 eſt pour faire auſſi accorder la bulle d'air avec la lunette.

Au-deſſous de la régle il y a une plaque de cuivre, qui fait reſſort & porte le genou comme au Niveau à pinules.

Fig. F. Le Niveau marqué F eſt en forme d'équerre, ayant ſes deux branches parfaitement égales en longueur. A la jonction de ces deux branches on fait un petit trou d'où pend une ſoie chargée d'un plomb, qui bat ſur une ligne perpendiculaire au milieu du Quart de cercle, qui le plus ſouvent eſt diviſé en 90 dégrés. Son uſage eſt fort facile ; car les extrémités de ſes deux branches étant poſées ſur un plan, on connoît qu'il eſt de niveau, lorſque la ſoie bat juſte ſur la ligne qui eſt au milieu du Quart de cercle.

Construction d'un Niveau à plomb & à lunette.

CEt Instrument est composé de deux régles attachées ensemble, faisant angles droits ; celle qui porte le filet avec son plomb a environ un pied & demi, ou deux pieds. Fig. G.

On attache le filet vers le haut à un petit clou qui est au point marqué 2. Le milieu de la régle, où passe la soie est évuidé, afin qu'elle ne touche en aucun endroit que vers le bas à l'endroit marqué 3, où est une petite lame d'argent, sur laquelle on a tracé délicatement une ligne perpendiculaire à la lunette.

On recouvre le vuide par deux piéces de cuivre qui empechent que le vent n'agite la soie & qui forment une espece de boëte. Il y a un cristal qui couvre la lame d'argent, afin que l'on puisse voir à travers, quand la soie avec son plomb est sur la perpendiculaire. La lunette marquée 1, est attachée sur l'autre régle qui a environ deux pieds de long ; elle est construite comme les autres lunettes, dont nous avon parlé ci-devant. Toute la justesse de cet Instrument consiste en ce que cette lunette soit parfaitement à angle droit à la perpendiculaire.

Il y a un genou de la maniére ordinaire, attaché derriére cette régle, pour placer tout l'Instrument sur son pied.

Nous faisons aussi de ces Niveaux à plomb & à lunette soit de cuivre ou de fer, dont la lunette & le canal où est enfermé le filet qui porte le plomb, ont environ quatre à cinq pieds de longueur, afin de donner de plus grands coups de Niveau. La lunette a environ un pouce & demi de diamétre, & la boëte du filet qui porte le plomb, a environ deux pouces de largeur sur un demi d'épaisseur : on attache la boëte par le milieu à la lunette avec des vis, de maniére qu'elles soient parfaitement à angles droits l'une à l'autre : aux deux extrémités de la lunette sont ajustés deux larges cercles, dans lesquels la lunette tourne juste ; ces cercles, qui sont plats par-dessous, sont attachés sur une forte régle de fer, afin qu'elle soit plus solide. Ce Niveau est porté par deux pieds à peu près pareils à celui que j'ai décrit à la Planche XIV. Figure E ; ces pieds sont attachés avec des vis aux extrémités de la régle de fer. Il y a deux ouvertures qui sont recouvertes d'un cristal qui s'ouvre par le moyen d'un petit chassis de cuivre, afin de pouvoir accrocher le filet qui porte le plomb au haut de la boëte, de maniére que le filet batte sur deux petites lames d'argent, & vis-à-vis une ligne perpendiculaire à la lunette, qu'on a tracée délicatement sur lesdites lames. Ces lames sont placées vis-à-vis les ouvertures de la boëte. Le filet qui porte le plomb est un cheveu ou bien une soie très-fine, & la lunette est pareille à celle que j'ai décrite ci-devant, en parlant du Demi-cercle. On démonte aisément cet Instrument, & le tout se met en peu de place pour la commodité de ceux qui veulent le transporter. Fig. GG.

Toute la justesse de cet Instrument consiste en ce que la lunette soit parfaitement à angles droits avec les perpendiculaires qui sont tracées sur les lames d'argent.

Pour éprouver ce Niveau vous le placez sur son pied, en sorte que le filet tombe juste sur la ligne perpendiculaire ; vous remarquez l'objet qui est coupé par la soie, qui est au foyer de la lunette ; puis vous décrochez le filet qui porte le plomb, & vous retournez la lunette sans dessus dessous ; ensuite vous racrochez le filet au crochet qui se trouve en haut de la boëte, Fig. GG.

& vous regardez par la lunette le même objet ; ſi le filet tombe juſte ſur la ligne perpendiculaire, c'eſt une marque que l'Inſtrument eſt juſte ; mais s'il ne s'y rencontroit pas, il faudroit pouſſer à droite ou à gauche le petit crochet, juſqu'à ce que le tout convienne de côté & d'autre ; on peut auſſi lever ou baiſſer la lunette par le moyen d'une vis. Les Ouvriers intelligens ſuppléeront ſans peine à l'abrégé de cette deſcription. La petite figure GG, donnera une idée aſſez juſte de cet Inſtrument.

Fig. H. L'Inſtrument marqué H eſt un petit Niveau ſimple fondé ſur le même principe que les précédens. Sa figure fait aſſez connoître ſon uſage & ſa conſtruction.

Fig. I. Le niveau marqué I ſe place de lui-même. Il eſt compoſé d'une régle de cuivre, d'une forte épaiſſeur, d'environ un pied de long ſur un pouce de large. Il y a deux pinules de même hauteur, placées aux extrémités de la régle, & au milieu une eſpece de fléau à peu-près comme aux balances ordinaires pour ſuſpendre librement le Niveau ; au-deſſous de ladite régle eſt attachée avec des vis une piéce de cuivre qui porte une boule auſſi de cuivre un peu groſſe, afin de lui donner plus de poids.

Toute la juſteſſe de cet Inſtrument conſiſte dans un parfait équilibre. Il eſt facile de le connoître ; car en tenant l'Inſtrument ſuſpendu par ſon anneau, & ayant remarqué un objet par les pinules, il ne faut que retourner l'Inſtrument pour approcher l'œil de l'autre pinule, & voir ſi le même objet paroît à même hauteur, c'eſt une marque que l'Inſtrument eſt en parfait équilibre ; mais ſi l'objet paroît un peu plus haut ou plus bas, on pourra y remédier en pouſſant un peu la piéce qui porte la boule, juſqu'à ce qu'elle ſoit juſtement au milieu du point de ſuſpenſion ; & on l'arrêtera avec la vis, lorſque par les expériences on aura reconnu que l'Inſtrument ſera de niveau.

Fig. K.

Conſtruction du Niveau de M. Huygens.

LA principale partie de cet Inſtrument eſt une lunette d'approche de quinze à dix-huit pouces de long marquée 1, & compoſée de la même maniére que celle que nous avons décrite ci-devant : la lunette qui eſt de forme cylindrique paſſe par une virole où elle eſt arrêtée par le milieu. Cette virole marquée 2 a deux branches plates pareilles, l'une en haut & l'autre en bas, chacune d'environ le quart de la lunette ; de ſorte que le tout fait une maniére de croix. Au bout de chacune de ces deux branches eſt attachée une petite piéce mouvante en forme de pince, dans laquelle eſt arrêtée une ſoie aſſez forte, qui eſt paſſée en pluſieurs doubles dans un anneau.

Par l'un de ces anneaux on ſuſpend la croix à un crochet qui eſt au bout de la vis marquée 3, & par en bas on attache à l'autre anneau un poids qui égale au moins la peſanteur de la croix, afin de la maintenir en ſon équilibre ; ce poids eſt renfermé dans la boëte marquée 5, dont il ne ſort que ſon crochet ; ce qui reſte d'eſpace dans cette boëte eſt rempli d'huile de noix ou de lin ou autre qui ne ſe fige point, pour arrêter plus promptement les balancemens du poids & de la lunette.

On met quelquefois deux lunettes à cet Inſtrument, l'une à côté de l'autre & bien paralléles ; l'oculaire d'une de ces lunettes eſt d'un côté, & l'oculaire de l'autre eſt du côté oppoſé, afin de pouvoir voir des deux côtés ſans tourner le Niveau. Si le tuyau de la lunette étant ſuſpendu ne ſe trouve pas de niveau, commeil arrive ſouvent, on y mettra une virole ou anneau

marqué,

marqué 4, que l'on pourra faire couler le long du tuyau de la lunette pour la placer de niveau & la maintenir paralléle à l'horiſon, ſoit qu'il y en ait une ou deux.

Il y a un filet tendu horiſontalement attaché à une petite fourchette au foyer de verre objectif de chaque lunette, que l'on peut hauſſer ou baiſſer par le moyen d'une petite vis, comme nous avons dit ci-devant.

Pour vérifier ce Niveau, on le ſuſpend par une de ſes branches, on viſe à quelque objet éloigné, ſans que le plomb y ſoit attaché, & l'on remarque préciſément le point de l'objet qui eſt coupé par le fil de la lunette, puis on y ajoûte le plomb l'accrochant à l'anneau d'en-bas; & ſi alors le fil horiſontal répond au même point de l'objet, c'eſt une marque que le centre de gravité de la croix eſt préciſément dans la ligne droite qui joint les deux points de ſuſpenſion & répond au centre de la terre.

Mais ſi cela ne ſe trouve point, il faut y remédier en faiſant couler la petite virole de côté ou d'autre. L'ayant ainſi réduit à viſer au même point ſans plomb & avec le plomb, on la retourne ſans deſſus deſſous, en la ſuſpendant par la branche qui étoit en bas, & attachant le plomb par l'autre.

Que ſi alors le fil qui eſt dans la lunette coupe le même point de l'objet, on eſt aſſûré que ce point eſt préciſément dans le plan horiſontal du centre du tuyau de la lunette. Mais ſi le fil ne viſe pas au même point, on l'y réduira en le hauſſant ou baiſſant par le moyen de la vis. Il faut de tems en tems faire la vérification de l'Inſtrument, de crainte qu'il n'y arrive quelque changement.

Le crochet d'où eſt deſcendu cet Inſtrument eſt attaché à une croix faite de bandes de bois mince excédantes un peu de part & d'autre la lunette & ſes deux branches: aux extrémités de chaque bras de cette croix, il y a un crochet qui ſert pour garantir la lunette de trop d'agitation, quand on ſe ſert de l'Inſtrument, ou pour la maintenir en repos quand on le tranſporte, en faiſant deſcendre la lunette par le moyen de la vis qui la porte.

On applique à cette croix plate une autre croix de bois creuſe, que l'on attache avec des crochets, qui ſert comme d'étui à l'Inſtrument; les deux bouts de la croix reſtent ouverts, & par ce moyen la lunette étant à couvert du vent & de la pluie, elle ſe trouve toujours en état de ſervir.

Le pied pour porter cet Inſtrument eſt une plaque ronde de laiton un peu concave, à laquelle ſont attachées trois viroles en charniére, dans leſquelles on met des bâtons de longueur convenable: la boëte qui eſt au bas du Niveau eſt poſée ſur cette plaque & ſe peut tourner du côté que l'on veut, de maniére que le plomb ait ſon mouvement libre dans ſa boëte, qui doit être de cuivre, & que l'on bouche par le moyen d'une vis, pour conſerver l'huile dans les voyages.

Conſtruction d'un autre Niveau.

CEt Inſtrument eſt un Niveau à peu près ſemblable à celui dont nous venons de donner la deſcription; mais il eſt plus facile à tranſporter en campagne. Fig. L

1. Eſt la boëte dans laquelle eſt enfermée la lunette.

2. Eſt une eſpéce d'étrier où paſſe la vis qui ſert de point de ſuſpenſion, au bout de laquelle il y a un crochet où s'accroche l'anneau qui eſt au bout de la plaque qui porte la lunette.

3. Sont des vis deſſus & deſſous pour arrêter fixément la lunette, lorſqu'on tranſporte l'Inſtrument.

4. Sont des crochets pour tenir la boëte fermée.

5. Eſt un bout de la lunette.

6. Eſt le bout de la plaque où eſt accrochée une groſſe boule de plomb qui ſert à maintenir la lunette de niveau.

Il y a trois viroles marquées 8, attachées fortement au-deſſous de l'étrier, qui ſervent de pied pour porter tout l'Inſtrument, lequel doit être fort libre dans ſa boëte lorſqu'on s'en ſert. Il eſt à remarquer que l'on met quelquefois deux lunettes dans ce Niveau, auſſi-bien que dans l'autre dont nous venons de parler.

CHAPITRE II.

Uſages des Inſtrumens à niveller.

LE Nivellement eſt une opération qui nous fait connoître la hauteur d'un lieu à l'égard d'un autre. On dit qu'un lieu eſt plus élevé qu'un autre lorſqu'il eſt éloigné du centre de la terre. Une ligne qui eſt également éloignée du centre de la terre dans tous ſes points, eſt appellée de niveau ; c'eſt pourquoi comme la terre eſt ronde, cette ligne doit être courbe & faire partie de ſa circonférence, comme on voit ici la ligne B C F G, dont tous les points ſont également éloignés du centre de la terre, lequel eſt marqué A. Mais la ligne de viſée, que donnent les opérations des Niveaux eſt une ligne droite perpendiculaire au Demi-diamétre de la terre A B : Elle s'éléve au-deſſus du vrai Niveau marqué par la courbure de la terre, à proportion qu'elle eſt plus étendue ; c'eſt pourquoi toutes les opérations ne nous donnent que le Niveau apparent, que l'on doit corriger pour avoir le vrai Niveau, lorſque la ligne de viſée paſſe cinquante toiſes.

Planche. XVII. Fig. 1.

La table ſuivante où ſont marquées les corrections des points du Niveau apparent pour les réduire au vrai Niveau, a été calculée par le moyen du Demi-diamétre de la terre dont on a connu la grandeur après avoir meſuré un dégré de ſa circonférence. Meſſieurs de l'Académie Royale des Sciences ont trouvé par des obſervations bien exactes qu'un dégré de la circonférence de la terre dans un grand cercle, comme le Méridien, contient 57060 toiſes, en donnant 25 lieues au dégré, qui ſont les moyennes lieues entre les grandes & les petites : il y aura 2282 toiſes & deux cinquiémes dans la longueur d'une lieue.

Toute la circonférence de la terre ſera de 9000 de ces mêmes lieues, & ſon diamétre en contiendra 2865, d'où il s'enſuit qu'il y a de chaque endroit de la ſuperficie de la terre à ſon centre 1432 lieues & demie.

La ligne A B repréſente le Demi-diamétre de la terre, ſous les pieds de l'obſervateur. La droite B D E, repréſente le rayon viſuel dont les points D E ſont dans le Niveau apparent du point B. On ſe ſert de cette ligne de Niveau apparent, pour en déterminer une qui ſoit de vrai Niveau ; ce qui ſe fait en ôtant des points de la ligne du Niveau apparent la hauteur dont ils s'élevent au-deſſus du vrai Niveau à l'égard de certains points comme B. Car il eſt facile de voir par cette figure que tous les points du Niveau apparent D E ſont plus éloignés du centre de la terre que le point B ; & pour

en connoître la différence, il n'y a qu'à considérer le triangle rectangle A B D, duquel ayant connu les deux côtés A B, B D, on trouvera l'hypotenuse A D, & en ôtant le rayon ou Demi-diamétre de la Terre A C, le reste C D représentera l'élévation du point de Niveau apparent D par-dessus le point du vrai Niveau C.

Table qui montre les corrections ou abaissemens des points du Niveau apparent, pour les réduire au vrai Niveau, suivant les différentes distances de cinquante en cinquante toises.

Distances des points du Niveau apparent.	Corrections, ou abaissemens. Pouces.	Lignes.	
50 toises.	0	0	1 tiers.
100	0	1	1 tiers.
150	0	3	0
200	0	5	1 tiers.
250	0	8	1 tiers.
300	1	0	0
350	1	4	1 tiers.
400	1	9	1 tiers.
450	2	3	0
500	2	9	0
550	3	6	0
600	4	0	0
650	4	8	0
700	5	4	0
750	6	3	0
800	7	1	0
850	7	11	1 demie.
900	8	11	0
950	10	0	0
1000	11	0	0

La régle suivant laquelle on a calculé cette Table, a été de diviser le quarré de la distance par le Diamétre de la terre, qui est 6538694 toises; & c'est pour cette raison que ces corrections ou abaissemens sont entre eux comme les quarrés des distances. Quoique le fondement de ce calcul ne soit pas tout-à fait géométrique, il en approche si fort, que dans la pratique il ne peut s'ensuivre aucune erreur sensible.

Si l'on prenoit les points du Niveau apparent au milieu de ceux du vrai Niveau, on se tromperoit dans la conduite de l'eau d'une source qui seroit, par exemple, au point B : car cette source ne couleroit pas au long de la ligne B D E, mais elle demeureroit en B : de sorte que pour s'étendre au long de ladite ligne, il faudroit qu'elle remontât plus haut qu'elle n'est ; ce qui n'est pas possible, puisqu'elle ne peut prendre d'autre figure extérieure que la circulaire qui est également éloignée du centre de la terre. Au contraire une source qui seroit en D, auroit beaucoup de pente pour descendre en B, mais elle ne pourroit pas passer outre, à cause qu'il faudroit qu'elle s'élevât plus haut que sa source, si elle continuoit son chemin au long de la même ligne droite ; ce qu'elle ne peut pas faire à moins qu'elle ne soit forcée par quelque machine. On pourra donner à la fin de cet Ouvrage la description d'une machine qui fera connoître la maniére de faire monter l'eau plus haut que le Niveau. Fig. 1.

Maniére de rectifier les Niveaux, ou vérifier s'ils ſont juſtes.

Fig. 2. POur rectifier les Niveaux, & notamment celui d'air, il faut planter deux piquets, comme A B qui ſoient éloignés l'un de l'autre d'environ cinquante toiſes (mais toujours moins de 50 à cauſe de la rondeur de la terre; car paſſé ce nombre de toiſes, il faudroit y avoir égard) puis en bornayant de la ſtation A le piquet B, le Niveau étant poſé horiſontalement, lorſque la bulle d'air ſera dans le milieu du tuyau, on fera lever ou baiſſer le long dudit piquet B un carton ſur le milieu duquel on aura tracé une ligne noire horiſontalement, juſqu'à ce que le rayon viſuel de l'obſervateur rencontre cette ligne, après quoi il faudra attacher contre le piquet A un autre carton pareil, dont le milieu ſoit à la hauteur de l'œil, quand on a bornayé le carton B; puis on tranſportera le Niveau au piquet B, & l'on ſe diſpoſera à la hauteur du centre dudit carton; & le Niveau étant poſé horiſontalement pour bornayer le milieu du carton A, & ſi le rayon viſuel donne au milieu du carton, c'eſt une marque que ce Niveau eſt bien juſte; mais ſi le rayon viſuel donne au-deſſous ou au-deſſus, par exemple au point C, il faut en conſervant toujours la même hauteur de l'œil, baiſſer la lunette ou la pinule juſqu'à ce que le rayon viſuel donne dans le milieu de la différence, comme en D; & la lunette reſtante ainſi, il faut ajuſter le tuyau de niveau juſqu'à ce que la bulle d'air s'arrête dans le milieu, ce qui ſe fait par le moyen de la vis marquée 4.

Enſuite on retournera au piquet A remettre le Niveau à la hauteur du point D, pour bornayer le carton B; & ſi le rayon viſuel donne dans le centre de ce carton, c'eſt une marque que la lunette s'accorde avec le Niveau; ſinon il faudra recommencer les mêmes opérations juſqu'à ce qu'on vienne à rencontrer les centres des deux cartons.

Autre maniére de rectifier les Niveaux.

COnnoiſſant deux points éloignés l'un de l'autre qui ſoient parfaitement de niveau, on mettra le bout qui porte l'oculaire de la lunette à la hauteur juſte d'un de ces deux points, la bulle d'air étant arrêtée au milieu de ſon tuyau & en bornayant, s'il arrive que la ſoie ou le filet de la lunette donne dans le ſecond point, alors c'eſt une marque que le Niveau eſt juſte; mais ſi le filet donnoit au-deſſus ou au-deſſous du point du Niveau, il faudroit en conſervant toujours la même hauteur de l'œil, hauſſer ou baiſſer le bout du Niveau où eſt le verre objectif, juſqu'à ce que le rayon viſuel de la lunette donnât juſte au point du Niveau, & le laiſſant en cet état hauſſer ou baiſſer le tuyau qui porte le Niveau, en ſorte que la bulle d'air reſte dans le milieu.

Ce que l'on vient de dire pour ce Niveau, peut ſervir auſſi pour rectifier les autres. La différence n'eſt que de changer les plombs & filets des lunettes ſuivant leurs conſtructions.

Pratique du Nivellement.

Fig. 3. POur ſçavoir la hauteur ou la pente d'une montagne, par exemple, la diſtance qu'il y a du haut de la montagne au point marqué A juſqu'au bas de ladite montagne au point B, poſez votre Niveau environ au milieu

de vos deux points, comme en D, ayez des piquets plantés en A & en B avec des personnes instruites des signaux pour hausser ou baisser le long desdits piquets des bâtons fendus, au bout desquels ils attachent les cartons; & votre Niveau étant placé sur son pied, bornayez vers le piquet A E, en faisant avec des personnes intelligentes le signal dont vous êtes convenu pour hausser ou baisser le carton, jusqu'à ce que la partie de dessus ou la ligne du milieu paroisse dans le rayon visuel; faites mesurer exactement la hauteur perpendiculaire du point A au point E, que nous supposons en cet exemple de 6 pieds 4 pouces, que vous écrirez au mémorial. Tournez ensuite votre Niveau horisontalement sur son genou, en sorte qu'il soit toûjours à même hauteur, & donne droit au piquet B, afin que l'oculaire de la lunette soit du côté de l'œil; car si c'est un Niveau à pinule, il n'est pas nécessaire de le retourner; faites signal pour que l'on hausse ou baisse le carton C, jusqu'à ce que son bout supérieur soit dans la ligne de mire; faites mesurer la hauteur du point B au point C, que l'on suppose ici de 16 pieds 6 pouces, que vous chifrerez au mémorial au-dessus de l'autre nombre de la premiere station, & pour sçavoir la pente du point B au point A, soustrayez 6 pieds 4 pouces de 16 pieds 6 pouces, restent 10 pieds 2 pouces de pente, qui est ce que l'on cherchoit.

Il est à remarquer, que si le point D, où est placé l'Observateur, est au milieu entre le point A & le point B, quelque distance qu'il puisse y avoir, il ne sera pas nécessaire d'avoir égard au haussement du Niveau apparent par dessus le vrai, parce que ces deux points étant également éloignés de l'œil de l'Observateur, le rayon visuel s'élévera au-dessus du vrai Niveau, & par conséquent il n'y aura aucune correction à faire pour connoître la pente du point A au point B.

Autre exemple du Nivellement.

ON veut sçavoir s'il y a suffisamment de la pente pour conduire l'eau depuis la source marquée A jusqu'au bassin marqué B. Comme la distance du point A au point B est grande, on est obligé de faire plusieurs opérations. Ayant choisi une hauteur commode pour y placer le Niveau, comme au point I, faites planter perpendiculairement au point A proche de sa source, une perche au long de laquelle vous ferez couler une autre perche fendue qui porte le carton L, faites mesurer la distance depuis A jusqu'en I, que nous supposons ici de 1000 toises; & le Niveau étant ajusté au point K, bornayez le haut du carton L, en le faisant hausser ou baisser, comme nous avons dit ci-devant; faites mesurer la hauteur A L, que nous supposons de deux toises un pied cinq pouces; mais à cause de la distance de 1000 toises, suivant la table des haussemens du Niveau apparent par-dessus le vrai Niveau, il faut en soustraire onze pouces, & la hauteur A L ne sera plus par conséquent que de deux toises six pouces, que vous marquerez sur le mémorial. Fig. 4.

Tournez ensuite le Niveau du côté de la perche plantée au point H en sorte que l'oculaire soit du côté de l'œil de l'Observateur; & le Niveau étant ajusté, bornayez le carton G, l'ayant fait hausser le long de la perche jusqu'à ce que son bord supérieur soit dans le rayon visuel de la lunette; faites mesurer la hauteur H G, que l'on suppose de trois toises quatre pieds deux pouces,

faites auſſi meſurer la diſtance du point I au point H, que nous ſuppoſons ici de 650 toiſes, pour laquelle diſtance il faudra ſuivant la Table ſouſtraire 4 pouces 8 lignes de la hauteur H G, laquelle par conſéquent ne ſera plus que de 3 toiſes 3 pieds 9 pouces 4 lignes, que vous marquerez ſur votre mémorial.

Cela fait, tranſportez le Niveau ſur quelqu'autre hauteur d'où vous puiſſiez découvrir la perche H G & l'angle de la maiſon D, dont le rez-de-chauſſée eſt de niveau avec le Baſſin B, qui eſt le terme du nivellement.

Le Niveau étant ajuſté au point E, bornayez la perche H; & le rayon viſuel donnera au point F, faites meſurer la hauteur H F, que nous ſuppoſons être de 11 pieds 6 pouces; faites auſſi meſurer la diſtance H E, que nous ſuppoſons de 500 toiſes, pour laquelle diſtance la Table marque 2 pouces 9 lignes de hauſſement, leſquels étant ôtés de la hauteur H F, il reſtera 11 pieds 3 pouces 3 lignes que vous écrirez au mémorial. Ayant enfin tourné le Niveau pour bornayer l'angle de la maiſon D, faites meſurer la hauteur depuis le point D, où s'eſt terminé le rayon viſuel juſqu'au rez-de-chauſſée, laquelle nous ſuppoſons de 8 pieds 3 pouces. Faites auſſi meſurer la diſtance du point E juſqu'à ladite maiſon, laquelle ſe trouve de 450 toiſes, pour laquelle diſtance la Table marque 2 pouces 3 lignes de hauſſement, leſquels étant ôtés de ladite hauteur il reſtera 8 pieds 9 lignes, que vous écrirez au mémorial.

Ces deux exemples ſuffiront pour tous les cas du Nivellement, ſinon on pourra avoir recours aux Livres qui en traitent.

Maniére d'écrire toutes ces différentes hauteurs ſur le Mémorial.

AYant trouvé des lieux commodes, comme nous venons de ſuppoſer, pour placer le Niveau entre deux points, il faudra écrire ſur le Mémorial en deux différentes colonnes les hauteurs obſervées, ſçavoir, ſous la premiére colonne celles que l'on a miré, l'œil étant tourné du côté de la ſource A; & ſous la ſeconde colonne, celles qui ont été obſervées du côté du baſſin B, en la maniére ſuivante.

Premiere colonne.					Seconde colonne.				
	toiſes.	pieds.	pouc.	lign.		toiſes.	pieds.	pouc.	lig.
Premiere hauteur corrigée	2	0	6		Seconde hauteur	3	3	9	4
Troiſiéme hauteur corrigée	1	5	3	3	Quatriéme hauteur	1	2	0	9
	3	5	9	3		4	5	10	1

Ayant ajoûté enſemble les hauteurs de la premiére colonne & enſuite celles de la ſeconde, ſouſtrayez la premiere addition de la ſeconde,

	toiſes.	pieds.	pouces.	lignes.
c'eſt-à-dire, de	4	5	10	1
ôtez	3	5	9	3
reſte	1	0	0	10

Il y a donc une toise dix lignes de pente depuis la source A, jusqu'au bassin B.

Si l'on veut en sçavoir la distance, il n'y aura qu'à ajoûter ensemble toutes celles qui ont été mesurées; Sçavoir,

La premiere de	1000 toises.
La seconde de	600
La troisiéme de	500
La quatriéme de	450
Total des distances	2600 toises.

Enfin divisant la pente par le nombre des toises de distance, on trouvera qu'il y a pour chaque centaine de toises, un peu plus de deux pouces neuf lignes de pente.

CHAPITRE III.

De la construction & de l'usage de la Jauge pour le partage des eaux.

CEtte Jauge sert à connoître la quantité d'eau que fournit une source. On la fait ordinairement d'un vaisseau parallélipipede rectangle, de cuivre bien soudé, d'environ un pied de long sur huit pouces de large & autant de hauteur plus ou moins suivant la quantité d'eau qu'on veut mesurer. On y perce plusieurs trous circulaires très-exactement; les uns d'un pouce de diamétre pour qu'il y passe un pouce d'eau, d'autres d'un demi-pouce pour qu'il y passe un demi-pouce d'eau, & d'autres d'un quart de pouce pour qu'il y passe un quart de pouce d'eau. Tous ces trous doivent être percés de maniére que leurs centres soient à même hauteur. Les extrémités supérieures des trous d'un pouce doivent être à deux lignes près du haut de la Jauge; on bouche ces trous avec de petites plaques de cuivre quarrées, qui y sont ajustées dans des coulisses marquées 1, 2, & 3. Il y a une bande de cuivre mince qui traverse le vaisseau à l'endroit marqué 4. Elle est arrêtée à environ un pouce du fond, & percée de plusieurs trous afin que l'eau y passe plus librement. Elle est faite pour recevoir le choc de l'eau qui tombe de la source dans ladite Jauge & empêcher qu'elle ne fasse point de vagues, & faire qu'elle sorte plus naturellement par les ouvertures.

Il est à remarquer que les trous qui donnent un pouce cylindrique d'eau doivent avoir 12 lignes juste de diamétre; celui d'un demi-pouce doit avoir 8 lignes & demie, & celui d'un quart de pouce doit être de 6 lignes juste. Cela se trouve facilement par le calcul.

Pour se servir de cet Instrument, il faut le placer de maniére que son fond soit horisontal & ses côtés bien perpendiculaires, puis faire entrer dans la Jauge l'eau de la source par le moyen d'un tuyau, comme la figure le marque; & lorsqu'elle sera pleine environ une ligne près du bord, on ouvrira une des ouvertures, comme celle d'un pouce; si l'eau reste toujours à même hauteur dans la Jauge, c'est une marque qu'il y entre autant d'eau qu'il en sort, & que la source fournit un pouce d'eau. Mais si l'eau augmentoit dans le vaisseau, il faudroit faire une autre ouverture, soit

d'un pouce, d'un demi ou d'un quart de pouce, de ſorte que l'eau reſte toujours à même hauteur dans la Jauge, c'eſt-à-dire, à une ligne au-deſſus des trous d'un pouce, alors le nombre des trous ouverts donnera la quantité d'eau que fournit la ſource.

Le petit vaſe qui reçoit l'eau qui ſort de la Jauge, eſt fait pour ſçavoir combien la ſource en fournit dans un eſpace de tems déterminé; car ayant une pendule à ſecondes bien réglée, & remarquant le nombre de ſecondes qu'elle marque lorſque vous placerez le vaiſſeau ſous le canal d'un pouce d'eau, & voyant combien il s'eſt paſſé de ſecondes ou de minutes dans le tems qu'il a été à s'emplir, & enſuite meſurant exactement la quantité d'eau qu'il contient, on dira: Cette ſource fournit tant d'eau par heure.

On a fait pluſieurs expériences bien juſtes à ce ſujet, & on a trouvé qu'une ſource qui donnoit 1 pouce d'eau, en fourniſſoit 14 pintes meſure de Paris en une minute de tems de celle qui peſe deux livres la pinte.

Il s'enſuit de là qu'un pouce d'eau donnera dans l'eſpace d'une heure 3 muids meſure de Paris, & en 24 heures 72 muids.

Si l'on plaçoit ſous la Jauge un vaiſſeau cubique contenant un pied cube, & qu'on y fît couler l'eau par l'ouverture d'un pouce, on verroit que ce vaiſſeau ſeroit rempli dans l'eſpace de deux minutes & demie; d'où il ſuit que c'eſt 14 pintes par minute que fournit la ſource, puiſqu'elle a fourni 35 pintes en deux minutes & demie.

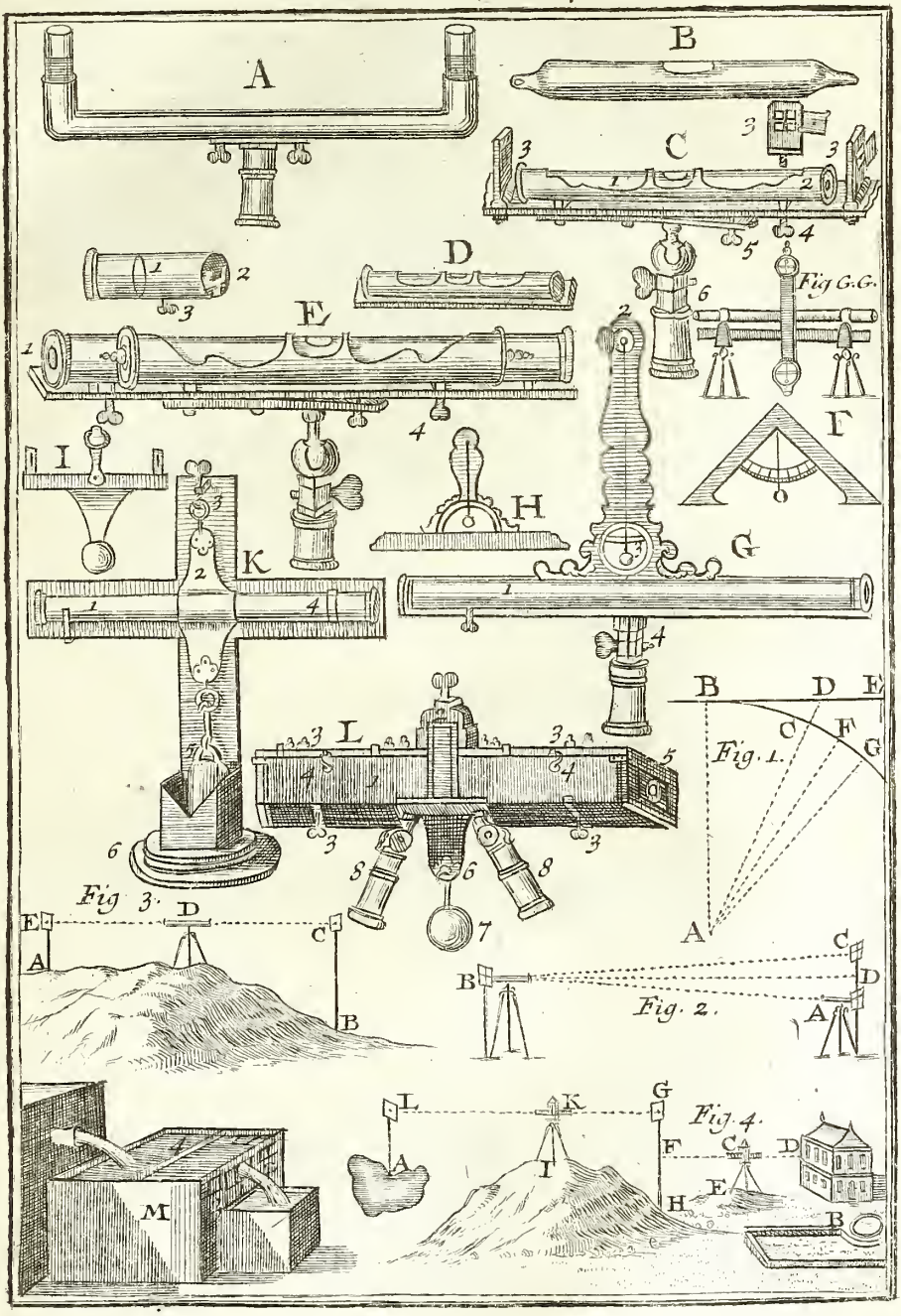
On ſçaura par ce moyen les pouces d'eau que donne une fontaine ou ruiſſeau coulant; car ſi l'on avoit reçu par exemple 7 pintes d'eau en une ſeconde, on diroit que cette eau coulante eſt d'un pouce. Si elle en fourniſſoit 21 pintes, on diroit qu'elle eſt de trois pouces, & ainſi des autres.

Pour meſurer l'eau courante dans un Aquéduc ou Riviere, qu'on ne peut recevoir dans une Jauge, on mettra ſur l'eau une boule de cire chargée de matiére un peu plus peſante, en ſorte qu'il ne paſſe que fort peu de cire au-deſſus de la ſurface de l'eau, de peur du vent; & après avoir meſuré une longueur de 15 ou 20 pieds de l'Aquéduc ou Riviere, on connoîtra avec une pendule à ſecondes en combien de tems la boule de cire emportée par le cours de l'eau paſſera cette diſtance; enſuite on multipliera la largeur de l'Aquéduc par la hauteur de l'eau; & le produit étant multiplié par l'eſpace qu'aura parcouru la boule de cire, le dernier produit marquera toute l'eau qui aura paſſé pendant le tems qu'on aura remarqué, par une ſection de l'Aqueduc.

On ſuppoſe par exemple que dans un Aquéduc large de deux pieds & haut d'un pied, la cire ait parcouru 30 pieds en 20 ſecondes, ce ſera un pied & demi par ſeconde; mais comme l'eau va plus vîte au haut qu'au fond, il ne faut prendre que 20 pieds parcourus, ce qui fera un pied par ſeconde: or le produit d'un pied de haut par deux de large, eſt deux, qui multipliés par 20 de longueur ſont 40 pieds cubes, ou 40 fois 35 pintes d'eau, qui ſont 1400 pintes en 20 ſecondes. Mais ſi 20 ſecondes donnent 1400 pintes, 60 ſecondes en donneront trois fois autant, ſçavoir 4200 pintes. Ainſi diviſant 4200 par 14 (qui eſt le nombre de pintes qu'un pouce d'eau donne en une minute ou en 60 ſecondes) on trouvera le quotient de 300, qui ſera le nombre des pouces que donnera l'eau de l'Aquéduc.

M. Mariotte qui a ſçavamment écrit ſur le mouvement des eaux, eſt du ſentiment que les Fontaines ne ſont autre choſe que les eaux de la pluie,

qui


A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
L
Fig G.G.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig 3.
Fig. 4.
M

On voit par ces Tables qu'un ajutoir une fois plus grand dépense le quadruple d'un autre une fois plus petit. En effet celui de trois lignes dépense en une minute 14 pintes, & celui de 6 lignes dépense 56 pintes. Il est aussi à remarquer qu'il ne faut pas faire les ajutoirs en cône, mais en cylindre, ni que les conduits excédent de beaucoup le lieu de l'ajutoir.

CHAPITRE IV.

Contenant la construction & les usages des Instrumens servans à l'Artillerie.

Construction du Compas de calibre.

Planche XVIII. Fig. A.

CEt Instrument est fait de deux branches de cuivre : étant fermé il est d'environ 6 à 7 pouces de long. Chaque branche a quatre lignes de largeur sur trois d'épaisseur.

Le mouvement de la tête est semblable à celui des pieds de Roi ; ses bouts sont recourbés & garnis d'acier aux extrémités.

Il y a une espéce de languette attachée à une des branches dont le mouvement est comme celui de la tête, pour la hausser ou baisser, afin que le bout qui doit être mince & garni d'acier puisse entrer & s'arrêter à des crans que l'on fait dans l'épaisseur de l'autre branche. On marque au-dedans de cette branche les diamétres qui conviennent au poids des boulets de fer en cette façon. Il faut avoir une régle sur laquelle sont marquées les divisions des poids des boulets & du calibre des piéces dont la méthode sera expliquée en parlant de l'Instrument qui suit. Ayant donc une régle préparée, on ouvre le Compas de calibre, en sorte que ses bouts intérieurs conviennent à l'ouverture de chaque point de division qui marque le poids des boulets ; alors on fait un cran à chaque ouverture avec une lime triangulaire, afin que le bout de la languette entrant dans chacun de ces crans arrête l'ouverture à chaque nombre juste des poids des boulets. On les marque ordinairement depuis un quart de livre jusqu'à 48 livres, & même souvent jusqu'à 64 On trace des lignes sur la surface de cette branche, vis-à-vis des crans, afin de marquer par des chifres le nombre de livres qui leur conviennent.

L'usage de cet Instrument est facile, car il n'y a qu'à faire passer les boulets qu'on veut mesurer, en sorte que les deux bouts intérieurs embrassent justement son diamétre ; pour lors la languette étant mise dans le cran convenable, elle marquera le poids du boulet.

Il doit toujours y avoir une certaine proportion dans la largeur des pointes de ce Compas, de sorte que faisant un angle comme la figure le montre à chaque ouverture, l'intérieure donne le poids du boulet, & l'extérieure donne le calibre des piéces, c'est-à-dire, que portant les bouts extérieurs des ces pointes au diamétre de l'embouchure d'un canon, la languette étant placée au cran nécessaire, fera connoître le poids du boulet qui lui convient. On sçait assez qu'il faut qu'il y ait un peu de jeu autour du boulet

dans l'ame du canon, & c'eſt ce qu'on nomme calibre des piéces, qui excede toujours un peu le calibre des boulets à proportion de ſa groſſeur.

Conſtruction de l'Equerre des Canoniers.

CEtte Equerre ſert à élever ou baiſſer les canons & mortiers ſuivant les lieux où on veut les pointer. Elle eſt faite de cuivre & a une branche d'environ un pied de longueur ſur 8 lignes de largeur & une ligne d'épaiſſeur. L'autre branche a 4 pouces de long, & eſt de la même largeur & épaiſſeur que l'autre branche. Entre ces deux branches il y a un Quart de cercle diviſé en 90 dégrés à commencer du bras le plus court, avec une ſoie chargée d'un plomb & attachée à ſon centre.

L'uſage de cet Inſtrument eſt facile : il n'y a qu'à placer la grande branche dans l'embouchure du canon ou du mortier & l'élever ou le baiſſer, juſqu'à ce que la ſoie qui porte le plomb coupe le dégré néceſſaire pour tirer au lieu propoſé.

On met auſſi le plus ſouvent ſur une des ſurfaces de la grande branche la diviſion des diamétres & poids des boulets de fer, auſſi-bien que celle du calibre des piéces.

Pour faire cette diviſion, il faut premierement être fondé ſur une expérience ou deux, en examinant avec toute l'exactitude poſſible le diamétre d'un boulet dont on connoiſſe le poids bien juſte. Ayant trouvé, par exemple, qu'un boulet peſant 4 livres a 3 pouces de diamétre, il ſera facile de faire une table qui contienne les poids & diamétres de tels autres boulets qu'on voudra, puiſque par la 18me propoſition du 12me Livre d'Euclide, les boulets ſont entre eux comme les cubes de leurs diamétres, d'où il ſuit que les diamétres ſont entre eux comme les racines cubiques des nombres qui expriment leurs poids.

Ayant donc connu par l'expérience qu'un boulet de fer peſant 4 livres ; a 3 pouces de diamétre ; ſi l'on veut ſçavoir le diamétre d'un boulet de 32 livres, on dira par une régle de proportion : 4 eſt à 32, comme 27 (cube de 3) eſt un 4me nombre, (qui ſera 216) dont la racine cubique (6 pouces) ſera le diamétre d'un boulet de 32 livres.

Ou bien l'on cherchera la racine cubique de ces deux nombres 4 & 32 ; ou plutôt de 1 & de 8, qui ſont en même proportion, & l'on trouvera que 1 eſt à 2, comme 3 eſt à 6, ce qui revient au même.

Mais comme tous les nombres n'ont pas de racines juſtes, on pourra ſe ſervir de la Table des côtés homologues des ſolides ſemblables, rapportée ci-devant au Traité du Compas de proportion. Si donc par ce moyen on veut avoir le diamétre d'un boulet de 64 livres, on formera une régle de Trois, dont le premier terme ſera 397 (côté du 5me ſolide) le ſecond ſera 3 pouces, ou plutôt 32 lignes de diamétre du boulet de 4 livres ; le 3me terme ſera de 1000, (côté du 64me ſolide) ; & la régle étant achevée on aura 90 lignes trois quarts pour le diamétre d'un boulet de 64 livres ; enſuite pour faciliter les opérations des autres régles de Trois, on prendra toujours pour premier terme le nombre 1000 ; pour le ſecond 90 lignes trois quarts ; & pour le 3me le nombre qui ſe trouvera dans ladite Table vis-à-vis celui qui exprime le poids du boulet. Ainſi pour trouver le diamétre d'un

d'un boulet qui ſoit par exemple de 24 livres, on dira : Comme 1000 ſont à 90 lignes trois quarts, ainſi 721. La régle étant faite, on trouvera 65 lignes, qui font cinq pouces & cinq lignes. C'eſt par cette méthode qu'on a calculé la table ſuivante.

Table contenant les poids & diamétres des boulets de fer & ceux des calibres des piéces les plus en uſage dans l'Artillerie.

Poids du boulet.			Calibres des piéces.		
	Pouces.	*Lignes.*		*Pouces.*	*Lignes.*
1 quart de liv.	1	2 1 quart.	1 quart de l.	1	3 0
une demie liv.	1	6 0	une demie l.	1	6 3 quarts.
une livre	1	10 5 huitiém.	une livre ..	1	11 6 huitiém.
2	2	4 1 demie.	2	2	5 3 quarts.
3	2	8 2 tiers.	3	2	10 0
4	3	0 0	4	3	1 1 quart.
5	3	2 3 quarts.	5	3	4 1 quart.
6	3	5 0	6	3	6 7 huitiém.
7	3	7 1 quart.	7	3	9 1 huitiém.
8	3	9 3 huitiém.	8	3	11 1 huitiém.
9	3	11 0	9	4	1 1 quart.
10	4	0 3 quarts.	10	4	2 3 quarts.
12	4	3 3 quarts.	12	4	5 3 quarts.
16	4	9 0	16	4	11 1 demie.
18	4	11 1 tiers.	18	5	1 2 tiers.
20	5	1 1 demie.	20	5	4 0
24	5	5 0	24	5	8 0
27	5	8 7 huitiém.	27	5	10 2 tiers.
30	5	10 1 demie.	30	6	1 1 tiers.
33	6	0 3 quarts.	33	6	3 1 demie.
36	6	2 3 quarts.	36	6	5 3 quarts.
40	6	5 1 demie.	40	6	8 1 demie.
48	6	10 0	48	7	1 3 quarts.
50	6	11 1 demie.	50	7	2 3 quarts.
64	7	6 3 quarts.	64	7	10 1 quart.

Livres.

Du Compas à pointes courbes.

CE Compas ne différe point pour la conſtruction des autres Compas dont nous avons parlé ci-devant, ſinon que l'on démonte ſes pointes des deux côtés pour en placer des courbes, qui ſervent à prendre la groſſeur des boulets & à les rapporter ſur la régle de calibre, afin d'en connoître le poids. Mais quand on veut connoître le calibre des piéces, on démonte les pointes courbes pour y en mettre des droites, avec leſquelles on prend les diamétres des bouches de canons, & enſuite on les rapporte ſur la ligne du calibre des piéces, laquelle eſt auſſi marquée ſur la régle, & par ce moyen on connoîtra le poids du boulet convenable à la piéce de canon.

Conſtruction de l'Inſtrument à pointer les Canons & les Mortiers.

CEt Inſtrument eſt compoſé d'une plaque de cuivre triangulaire d'environ quatre pouces de hauteur, au bas de laquelle eſt une portion de cercle diviſée en 45 dégrés, ce nombre étant ſuffiſant pour tirer une piéce à toute volée & donner au Boulet la plus longue portée, comme nous l'expliquerons ci-après. Il y a une piéce de cuivre attachée au centre de la portion de cercle avec une vis pour la reſſerrer ou lui donner un mouvement libre ſelon les beſoins. Fig. D.

Cette piéce eſt renforcée par le bas, pour ſervir de plomb ; elle eſt pointue par le bout, afin de marquer ſur les dégrés les différentes élévations des piéces d'artillerie. Il y a auſſi une eſpéce de pied de cuivre qui s'apuie ſur les mortiers & canons, en ſorte que tout l'Inſtrument ſe tient perpendiculaire quand la piéce eſt placée horiſontalement.

Son uſage eſt fort facile. Il n'y a qu'à poſer le pied ſur la piéce qu'on éleve, de telle ſorte que la pointe du plomb donne ſur le dégré convenable, & c'eſt ce qu'on nomme *pointer une piéce*.

Du Pied à niveau pour l'Artillerie.

L'Inſtrument marqué E, eſt nommé Pied à niveau. Nous en avons donné la conſtruction en parlant des Pieds & des Equerres. Quand on veut s'en ſervir pour l'artillerie, on diviſe la languette qui ſert à la maintenir à angles droits en 90 dégrés, ou plutôt en deux fois 45, dont le commencement ſe compte du milieu. La ſoie qui porte le plomb eſt attachée au centre de cette diviſion. Les deux bouts des régles de cet Inſtrument ſont échancrés, de maniére que le plomb tombe perpendiculairement ſur le milieu de la languette, lorſqu'il eſt poſé de niveau. Fig. E.

Pour s'en ſervir on poſe les deux bouts ſur les piéces d'artillerie, que l'on éléve à la hauteur propoſée, par le moyen du plomb dont la ſoie marque les dégrés.

Sur la ſurface des branches de cette Equerre, qui s'ouvre toute droite comme une régle, on marque les poids & diamétres des boulets, auſſi-bien que les calibres des piéces, comme nous l'avons expliqué en parlant de l'Equerre des Canoniers, pour s'en ſervir de même.

Conſtruction d'un autre Inſtrument pour calibrer les Mortiers, les Canons & les Fuſils ; pour connoître le diamétre des Bombes, le poids des boulets de fer & le diamétre des Balles de plomb, depuis huit juſqu'à trente-ſix à la livre.

LA petite figure E E peut donner une idée aſſez juſte de cet Inſtrument. On le fait de cuivre ou autre métal ſolide. Le bord extérieur de la régle qui eſt horiſontale eſt diviſé pour le calibre des canons, depuis une demi-livre juſqu'à 64 livres ; & le bord intérieur eſt diviſé pour le poids des boulets ; l'autre côté de cette régle eſt diviſé en pouces & lignes du pied de Roi. Elle a huit à dix pouces de longueur : on la peut faire plus longue ſi l'on veut pour avoir le calibre des Mortiers & le diamétre Fig. EE.

des Bombes d'un plus gros volume. Cette régle a un bon pouce de largeur ſur une ligne & demie d'épaiſſeur.

Les deux régles ou branches (qui ſont verticales & de la même longueur & épaiſſeur que la précédente) s'emboëtent juſte dans la régle horiſontale par le moyen de deux plaques de laiton qu'on attache au bas deſdites branches & aux deux petites branches qui font l'Equerre, & qui ſont au bas deſdites grandes branches : Cela doit être ajuſté de maniére qu'elles emboëtent juſte la régle horiſontale, & que la branche qui eſt à droite coule juſte le long de ladite régle. La branche qui eſt à gauche eſt fixe dans les opérations ; elle eſt bouchée par le bout de la boëte & arrêtée par la vis qui eſt deſſous, l'autre coule & s'arrête avec une autre vis qui eſt auſſi deſſous aux points de diviſion dont on a beſoin. Il eſt à remarquer que ces branches doivent être bien paralléles & placées bien à l'Equerre ſur la régle ; c'eſt en cela que conſiſte la juſteſſe de l'Inſtrument.

Il faut que la diviſion pour le poids des Boulets commence de la boëte fixe à un pouce une ligne pour la demi-livre de fer ; le reſte de la diviſion ſe fera ſuivant la Table ci-devant. La diviſion pour le calibre des piéces commence auſſi de la boëte fixe pour le calibre du Canon d'une demi-livre de balle ; le reſte de la diviſion ſe fera auſſi ſuivant la Table ci-devant, en ſorte qu'il faut que le dehors des deux branches marque juſte le calibre des canons, & que le dedans deſdites branches marque le diamétre & le poids des boulets, c'eſt ce qui détermine à peu près la largeur des branches, qui doivent avoir environ ſept lignes de large.

Les deux petites branches ou régles, qui ſont au bas des deux grandes, ſont pour connoître le calibre des Fuſils depuis 8 juſqu'à 32 de balles à la livre, & le diamétre des Balles. Ces branches ſont d'environ un pouce & demi de longueur ſur deux lignes de largeur. Il y a derriere la boëte qui coule une petite Table ſur laquelle eſt tracé le nombre de balles à la livre, qui eſt calculée ſuivant leur diamétre ; ce qui ſe fait aiſément avec le compas de proportion ſur la ligne des métaux. Pour s'en ſervir il y a une piéce attachée ſur la boëte fixe, qui marque ces diamétres ſur ladite Table, en éloignant ou en approchant les deux petites branches l'une de l'autre. Le dedans marque le nombre de balles à la livre, & le dehors marque le calibre des Fuſils.

Vers le haut de la branche mobile on y fait une entaille pour y ajuſter à charniére, comme à un demi-pied, une petite régle ſur laquelle on trace une portion de cercle de 45 dégrés. On met un plomb qui eſt attaché au centre avec une vis. On peut aiſément démonter cet Inſtrument, pour mettre ces trois piéces dans un étui.

Uſage de l'Inſtrument.

POur prendre le calibre des Mortiers il faut mettre les branches dans le Mortier, en ſorte qu'elles touchent les deux côtés concaves. Le bord de la boëte de la branche mobile marquera ſur la diviſion des pouces & lignes (qui ſont marqués ſur un côté de la régle horiſontal) la quantité de pouces & de lignes que le Mortier en contiendra. Pour connoître le diamétre de la Bombe, il faut que le dedans des branches embraſſe juſte

la Bombe, & le bord de la boëte mobile marquera ſur la régle les pouces & lignes que la Bombe en contiendra.

Pour prendre le calibre des Canons on fait entrer les deux branches dans la volée de la piéce, enſorte qu'elles touchent juſte les parois; le bord de la boëte mobile marquera ſur la régle le calibre de la piéce en comptant le chifre de la diviſion où eſt marqué, *calibre des piéces*. On connoîtra pareillement le poids des Boulets en faiſant couler la branche mobile, juſqu'à ce que le dedans des deux branches embraſſe juſte le diamétre du boulet; le bord de la boëte mobile marquera le poids du boulet, ſur la diviſion marquée ſur la régle, *poids des boulets*.

Pour connoître le calibre des Fuſils on retournera l'Inſtrument, & l'on fera entrer les petites branches dans le canon du Fuſil en ſorte qu'elles touchent les parois. La boëte mobile marquera ſur la petite Table le calibre & la quantité de balles à la livre, & le dedans des deux petites branches fera le diamétre de la balle.

Pour tirer le Canon horiſontalement ou à tel dégré d'élévation, il faut mettre le bout de la régle dans la volée du canon; ouvrir la portion de cercle, lâcher la vis du plomb pour qu'il ſoit bien libre, puis élever ou baiſſer la piéce ſuivant le dégré que l'on ſouhaitera.

En poſant la régle ſur le côté du Mortier, on connoîtra de même les dégrés d'élévation pour le jet des Bombes. On connoîtra auſſi le niveau en lâchant la vis du plomb, & poſant l'Inſtrument perpendiculairement ſur les petites branches, on connoîtra le niveau par le moyen du plomb tombant ſur la ligne verticale.

La pratique de cet Inſtrument eſt très-aiſée. Le Roi en a fait faire pluſieurs pour être mis dans les magaſins d'Artillerie.

L'Inſtrument marqué F eſt encore pour pointer les Canons & les Mortiers. Il eſt à peu près ſemblable à celui marqué D, excepté que la piéce où eſt la diviſion des dégrés eſt mobile par le moyen d'un clou rond, c'eſt-à-dire, qu'elle s'ouvre en portion de cercle, & s'ajuſte au long de l'autre branche, afin que l'Inſtrument tienne moins de place & ſe mette plus facilement dans un étui. Sa figure fait aſſez connoître ſa conſtruction, & ſes uſages ſont les mêmes que ceux des précédens Inſtrumens.

Explication ſur l'effet du Mortier & du Canon.

LA figure G repréſente un Mortier ſur ſon affut, élevé & diſpoſé pour jetter une Bombe dans une Citadelle; & la ligne courbe repréſente la trace que fait en l'air la Bombe depuis la ſortie du Mortier juſqu'à ſa chute. Cette courbe eſt ſelon les Géométres une ligne parabolique, parce que les propriétés de la parabole lui conviennent. Car le mouvement de cette Bombe eſt compoſé de deux mouvemens, dont l'un eſt égal & uniforme, qui lui vient du feu de la poudre qui l'a pouſſée, & l'autre eſt uniformément accéleré, qui lui eſt communiqué par ſa propre péſanteur. Il naît de la compoſition de ces deux mouvemens la même proportion qui ſe rencontre entre les portions de l'axe & les ordonnées de la parabole, comme l'a très-bien démontré M. Blondel dans ſon Livre intitulé, *l'Art de jetter les Bombes*. Fig. G.

Maltus Ingénieur Anglois a été le premier qui a mis les Bombes en uſage en France l'an 1634. Toute ſa ſcience étoit purement d'expérience ; il ne connoiſſoit point la nature de la ligne courbe qu'elles décrivent dans l'air par leur paſſage, ni la diſtance de leurs portées ſuivant les différentes élévations du mortier, qu'il ne pointoit qu'en tâtonnant, ou pour mieux dire, par l'eſtime qu'il faiſoit de l'éloignement du lieu où il vouloit jetter la Bombe, ſuivant lequel il lui donnoit plus ou moins d'élévation, prenant garde ſi les premiers coups étoient juſtes ou non, afin de baiſſer ſon mortier ſi ſa portée étoit trop courte, ou le hauſſer ſi elle alloit au-delà de ſon but, ſe ſervant à cet effet d'une Equerre avec ſon plomb à peu près comme celle dont nous avons parlé ci-devant.

La plûpart des Officiers, qui ont ſervi depuis aux batteries des Bombes, ſont des éléves de Maltus. Ils ſçavent à peu près par expérience l'élévation qu'on doit donner au Mortier, pour le faire porter à la diſtance qu'ils ſouhaitent, & ont ſoin d'augmenter ou de diminuer cette élévation à proportion que la Bombe ſe trouve plus ou moins éloignée ou en-deçà ou en-delà du but.

Il y a cependant des régles certaines fondées ſur la Géometrie pour connoître la différente étendue des portées non ſeulement des Bombes, mais auſſi du Canon en toutes ſortes d'élévations. Car la ligne tracée en l'air par le Boulet ſorti du Canon eſt auſſi parabolique en toutes ſortes de projections, non ſeulement obliques, mais même horiſontales, comme le montre la figure H. Fig. H.

Le Boulet au ſortir de la piéce ne va jamais droit au but vers lequel elle eſt pointée, mais il ſe détourne de la ligne de direction, en montant dès le moment qu'il ſort de la bouche, parce que les grains de poudre qui ſont les plus proches de la culaſſe s'allumant les premiers, pouſſent par leur mouvement précipité non ſeulement le Boulet mais même les autres grains de la poudre qui ſuivent le Boulet, au long du fond de l'arme, où s'allumans l'un après l'autre, ils frapent quaſi chaque Boulet vers le deſſous, qui n'étant pas de calibre (à cauſe du jeu qu'il doit néceſſairement avoir dans la piéce) eſt élevé inſenſiblement vers le bord ſupérieur de la bouche, contre lequel ce boulet frotte tellement en ſortant, qu'aux piéces qui ont beaucoup ſervi & dont le métal eſt doux, l'on remarque un canal conſidérable que le Boulet en ſortant y a creuſé peu à peu par ce frottement. Ainſi le Boulet ſortant du canon, comme par le point *e*, s'éléve en s'écartant juſqu'au ſommet de la parabole, comme au point *g*, après quoi il deſcend par un mouvement mixte comme vers *b*.

Les coups tirés à l'élévation de 45 dégrés ont les plus longues portées ; & c'eſt ce que les Canoniers appellent *tirer à toute volée*, & les coups tirés ſous l'élévation des points également éloignés de 45 dégrés ont des portées égales, c'eſt-à-dire, qu'une piéce de Canon ou un Mortier pointé au 40me dégré chaſſe juſtement auſſi loin que s'il étoit pointé à 50 dégrés, & au 30 autant qu'au 60, & ainſi des autres, comme il paroît par la figure I, au bas de la planche 18.

XVII. Planche. Fig. 1. Le premier qui a bien raiſonné ſur cette matiére eſt Galilée premier & principal Ingénieur du Grand Duc de Toſcane, & après lui Toricelli ſon ſucceſſeur.

Ils ont expliqué que pour connoître les différentes portées des *coups*

de

de volée d'une piéce d'artillerie ou d'un Mortier en toute ſorte d'élévation, il falloit avant toutes choſes en faire une épreuve bien exacte en tirant la piéce de Canon ou le Mortier ſous un angle bien connu & en meſurant l'étendue de la portée avec toute la préciſion poſſible, car une ſeule expérience ſûre & fidéle conduit à la connoiſſance de tous les autres effets par la méthode ſuivante.

Pour ſçavoir l'étendue & la portée de votre piéce à telle autre élévation qu'il vous plaira, formez cette analogie : Comme le ſinus du double de l'angle de l'élévation (ſous laquelle l'expérience a été faite) eſt au ſinus du double de l'angle de l'élévation propoſée, ainſi l'étendue de la portée connue par l'expérience, ſera à la portée de l'élévation propoſée.

Si donc ayant fait l'expérience de votre piéce élevée de 30 dégrés, vous avez trouvé qu'elle ait chaſſé préciſément à la longueur de mille toiſes, il faut (pour ſçavoir quelle ſera la portée de la même piéce avec la même charge, lorſqu'elle ſera élevée à l'angle de 45 dégrés) prendre le ſinus de 60 dégrés double de 30, qui eſt 8660, & en faire le premier terme d'une régle de trois, dont le ſecond ſera le ſinus de 90 dégrés, double de 45 que l'on propoſe, qui eſt 10000. Le troiſiéme terme doit être le nombre des meſures de l'expérience, qui eſt ici mille toiſes, & le quatriéme terme de la régle ſe trouvera 1155 toiſes pour la portée de la piéce élevée de 45 dégrés.

Que ſi l'angle de l'élévation popoſée eſt plus grand que 45 dégrés, il ne faut pas le doubler pour avoir le ſinus que la régle demande ; mais il faut en ſa place prendre le ſinus du double de ſon complément à l'angle droit : comme ſi l'on propoſe l'élévation de la piéce à l'angle de 50 dégrés, il faut prendre le ſinus de 80 dégrés double de 40, qui fait le complément à l'angle droit du propoſé de 50 dégrés.

Mais ſi l'on vous propoſe une étendue déterminée, à laquelle on veut que la piéce chaſſe, pourvû que cette étendue ne ſoit pas plus grande que celle de l'élévation de 45 dégrés pour trouver l'angle de l'élévation qu'il faut donner à la piéce pour qu'elle faſſe l'effet propoſé, comme ſi l'on veut que le Canal ou le Mortier porte à la diſtance de 800 toiſes ou telle autre meſure qu'il vous plaira, il faut que l'étendue trouvée par l'expérience (comme celle de 1000 toiſes) ſoit le premier terme de la régle de trois ; la portée propoſée de 800 toiſes le ſecond ; & que le troiſiéme terme ſoit 8660 qui eſt le ſinus de 60 dégrés double de 30. La régle étant faite, on trouvera pour quatriéme terme 6928, qui eſt le ſinus de 43 dégrés 52 minutes, dont la moitié 21 dégrés 56 minutes eſt l'angle de l'élévation qu'il faut donner à la piéce pour faire l'effet propoſé ; & ſi vous ôtez les 21 dégrés 56 minutes de 90 dégrés, vous aurez l'angle de complément 68 dégrés 4 minutes que vous pourrez prendre pour l'élévation de votre piéce, car elle chaſſera également loin, en l'élévant de 21 dégrés 56 minutes ou à celui de ſon complément 68 dégrés 4 minutes.

Pour plus grande facilité, & pour ôter l'embarras de chercher le ſinus du double des angles des élévations propoſées, Galilée & Toricelli ont fait la Table ſuivante, dans laquelle on voit tout d'un coup les ſinus des angles que l'on cherche.

Table des ſinus ſervans au jet des Bombes.

Dégrés.	Dégrés.	Portées.	Dégrés.	Dégrés.	Portées.
90	0	0	0	0	0
89	1	349	66	24	7431
88	2	698	65	25	7660
87	3	1045	64	26	7880
86	4	1392	63	27	8090
85	5	1736	62	28	8290
84	6	2709	61	29	8480
83	7	2419	60	30	8660
82	8	2556	59	31	8829
81	9	3090	58	32	8988
80	10	3420	57	33	9135
79	11	3746	56	34	9272
78	12	4067	55	35	9397
77	13	4384	54	36	9511
76	14	4695	53	37	9613
75	15	5000	52	38	9703
74	16	5299	51	39	9781
73	17	5592	50	40	9848
72	18	5870	49	41	9903
71	19	6157	48	42	9945
70	20	6428	47	43	9976
69	21	6691	46	44	9994
68	22	6947	45	45	10000
67	23	7193			

L'uſage de cette Table eſt facile, il ne faut que ſçavoir faire une régle de trois. Suppoſons, par exemple, que vous ayez reconnu par expérience qu'un Mortier élevé de 15 dégrés chargé de 3 lignes de poudre menue, ait chaſſé une Bombe à 350 toiſes de diſtance, & que vous vouliez avec la même charge jetter une pareille Bombe à 100 toiſes plus loin; cherchez dans la Table le nombre qui eſt à côté de 15 dégrés vous trouverez 5000. Formez enſuite cette régle de trois : Comme 350 ſont à 450, ainſi 5000 eſt à un 4me nombre, qui ſe trouvera 6428. Cherchez ce nombre ou le plus approchant dans la Table, & vous le trouverez à côté de 20 & de 70, ce qui ſignifie, qu'élevant votre Mortier à 20 ou à 70 dégrés, il fera l'effet propoſé, & ainſi des autres.

Le Roi a depuis peu de tems établi cinq Ecoles dans cinq différentes villes de ſon Royaume, pour perfectionner les Officiers d'Artillerie. Il y a des Profeſſeurs en Mathématique, & on y fait toutes les épreuves & les expériences néceſſaires pour former un bon Officier de Guerre.

Fin du cinquiéme Livre.

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DES INSTRUMENS QUI SERVENT A L'ASTRONOMIE,

Tiré des Tables Aſtronomiques de M. de la Hire, & des Obſervations de l'Académie Royale des Sciences.

LIVRE SIXIÉME.

CHAPITRE PREMIER.

De la conſtruction & des uſages du Quart de cercle Aſtronomique.

LE Quart de cercle, dont les Aſtronomes ſe ſervent dans leurs obſervations, a pour l'ordinaire trois pieds ou trois pieds & demi de rayon meſure de Paris, pour qu'il puiſſe être facilement manié & tranſporté. Son bord eſt diviſé en dégrés & minutes, afin que les obſervations ſe puiſſent faire avec exactitude. *Planche XIX. Fig. 1.*

Cet Inſtrument eſt compoſé de pluſieurs régles de cuivre ou de fer bien écroui au marteau & de médiocre épaiſſeur, dont la lar-

geur doit être paralléle à ſon plan. Il y a encore d'autres régles de fer ou de cuivre ajuſtées & jointes derriére les premiéres, de façon que leur largeur eſt perpendiculaire au plan du Quart de cercle. Ces régles ſont jointes enſemble par de petites oreilles & des vis par le moyen deſquelles ſe fait tout l'aſſemblage de cet Inſtrument, qui doit être bien droit en tout ſens, ferme & de médiocre peſanteur. Le derriére du limbe doit être renforcé d'une régle courbe, auſſi de même métal. On ajoûte au centre une lame circulaire, épaiſſe & ſolide, pour ſervir aux uſages que nous expoſerons ci-après. Le bord & la lame du centre ſont un peu élevés au-deſſus du plan de l'Inſtrument & ſont recouverts de lames de cuivre bien polies. Sur toutes choſes il faut avoir grand ſoin en cette conſtruction que la lame du centre & le limbe circulaire ſoient exactement en une même ſurface plane.

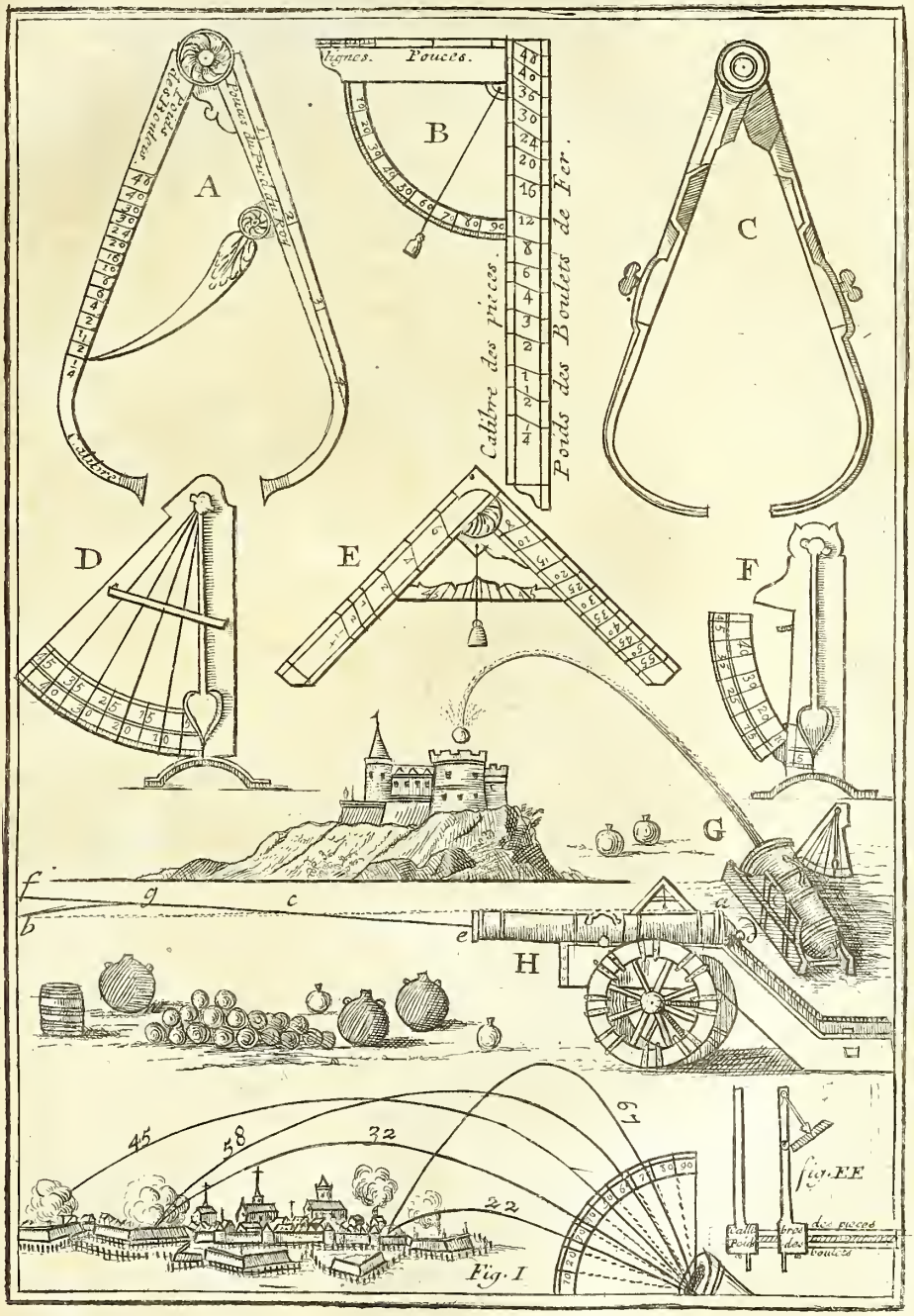
Fig. 2. La lame de fer circulaire, qui eſt au centre & recouverte d'une autre de cuivre, doit avoir en ſon milieu un trou rond dont le diamétre ſoit d'environ un tiers de pouce. On met dans ce trou un cylindre de cuivre bien tourné, lequel s'éléve tant ſoit peu au-deſſus de ladite lame centrale.

Au centre de la baſe de ce cylindre on ajuſte la pointe d'une aiguille très-déliée, dont la longueur eſt inſérée dans un petit Canal demi-circulaire, & qui y eſt retenue par le moyen d'un petit reſſort, qui la preſſant la tient le long de ce Canal, afin que quand on veut ôter l'aiguille & la remettre, elle ſe place juſte dans le petit trou qui eſt au centre dudit cylindre. Ce trou ne doit être que de la groſſeur d'un cheveu, mais il doit être un peu profond, afin que la pointe de l'aiguille entre aſſez, pour qu'elle ne s'échape pas par les ſecouſſes qu'on pourra donner au Quart de cercle. A la pointe de l'aiguille eſt ſuſpendu un cheveu, par le moyen d'un anneau fait du cheveu même, aſſez ample de crainte que le nœud de l'anneau ne rencontre la lame du centre, & que ſon mouvement n'en ſoit détourné. Il faut remarquer que la baſe du cylindre central A, repréſenté en cette figure, doit être un peu convéxe, afin que l'anneau du cheveu ſuſpendu à la pointe de l'aiguille ne joigne point ladite baſe ailleurs qu'en ſon centre, ayant attaché au bout du cheveu un poids de plomb d'environ une demi-once.

La conſtruction de ce cylindre central doit être de telle maniére qu'on puiſſe l'ôter & le conſerver quand il ſera beſoin, pour mettre en ſa place un autre cylindre central de même groſſeur, mais un peu plus long, lequel ſurpaſſant la lame du centre ſoutienne la régle de l'Inſtrument, telle que nous la décrirons ci-après.

On ajoûte de plus à la lame centrale de cuivre qui eſt ſur celle de fer un anneau plan A, tournant autour du centre, lequel ne rencontre pourtant pas le cylindre central; de telle ſorte que la ſurface extérieure ne ſurpaſſe point la ſurface de ladite lame de cuivre. On attache à cet anneau, par le moyen de deux vis, un tuyau applati tout le long de la partie qui joint le plan de l'Inſtrument, auquel il s'ajuſte de telle ſorte, que ſon côté applati étant plus enfoncé que le plan du bord & de la lame centrale de cuivre, le mouvement du fil avec ſon plomb pendant du centre, ſoit toujours libre & ſe puiſſe mouvoir de toutes parts avec ledit tuyau qui ſert pour le garantir de toute agitation de l'air.

Fig. 3. On voit cette piéce par derriere à l'endroit marqué M de la figure 3.


A
B
C
D
E
F
G
H
Lignes. Pouces.
Calibre des pieces.
Poids des Boulets de Fer.
f
g
c
b
e
a
d
45
58
32
67
22
fig. EE
Fig. I

On met auſſi une glace à ladite piéce vis-à-vis du limbe du Quart de cercle, afin de voir ſur quel point de diviſion paſſe le cheveu où eſt attaché le plomb. Au-deſſous & aux environs du centre de gravité de toute cette machine on attache fermement aux régles, par le moyen de trois ou quatre vis, un cylindre de fer marqué I, au derriere de l'Inſtrument, que la figure repréſente tout monté.

La longueur de ce cylindre doit être de 8 pouces, & le diamétre de ſa baſe d'environ deux pouces. Ce cylindre étant perpendiculaire au plan du Quart de cercle, ſe peut appeller ſon axe.

Or comme le principal uſage de cet Inſtrument eſt pour prendre les hauteurs des Aſtres, il faut que ſon plan ſe puiſſe facilement placer dans une ſituation verticale; c'eſt pourquoi on prépare une régle de fer, comme M N, dont l'épaiſſeur ſoit de trois lignes, la longueur de 8 pouces & la largeur d'un pouce ou environ. D'un côté de cette régle on ajuſte deux anneaux de fer marqués Z Z, ouverts par en haut avec des oreilles, dans leſquelles on paſſe à chacune une vis, propre à reſſerrer les anneaux qui par ce moyen font reſſort. La grandeur de ces anneaux eſt à peu près égale à la groſſeur du cylindre I ou de l'axe du Quart de cercle de la figure 3; & ces anneaux ayant joint l'axe ſe reſſerrent par le moyen des vis, de telle ſorte que le Quart de cercle (auquel ce cylindre ou axe I eſt attaché) demeure ferme & immobile en quelque ſituation qu'on le mette. Fig. 4.

De l'autre côté de ladite régle M N eſt ſoudé & attaché à angles droits le cylindre de fer O, dont la longueur & la groſſeur ſont égales au tuyau marqué Q. Cette partie ſe nomme le genou de l'Inſtrument. Ce genou eſt repréſenté tout monté en la figure 3. Fig. 4.

Lorſque l'on veut placer l'Inſtrument, de maniére que ſon plan ſoit horiſontal & ſe ſervir de la régle mobile, dont nous parlerons ci-après, pour prendre les diſtances des Aſtres ou des lieux de la terre, on fait entrer le cylindre I dans un tuyau Q, & par ce moyen on tourne facilement le plan du Quart de cercle vers telle partie que l'on veut. Cela ſe peut faire auſſi par le moyen d'un double genou, pareil à celui que nous venons de décrire, que l'on joint enſemble.

Il nous reſte à remarquer la conſtruction du pied ou ſupport de tout l'Inſtrument. Il eſt compoſé pour l'ordinaire d'un tuyau de fer, dont la partie ſupérieure eſt capable de contenir le genou ou cylindre O. La partie inférieure de ce tuyau traverſe le milieu d'une croix de fer, & y eſt attachée par quatre bras ou liens de fer; il y a quatre groſſes vis aux quatre bouts de la croix pour hauſſer ou baiſſer le Quart de cercle & le mettre dans la ſituation convenable. M. de la Hire propoſe un pied triangulaire dans ſes Tables, dont nous allons donner la deſcription.

Il eſt compoſé d'un tuyau de fer ou de cuivre aſſez ample & aſſez long pour contenir le cylindre O de la figure 4. Ledit tuyau eſt attaché avec deux vis à trois régles de fer courbées par le haut, leſquelles ſont de l'épaiſſeur convenable pour affermir le pied ou ſupport de l'Inſtrument. Les régles R, S, ſont ajuſtées vers le bas à une double équerre T X Y, & attachées fermement aux trois régles en deſſous par le moyen d'une clavette. La vis V, qui pénétre le milieu du tuyau Q, ſert pour affermir ce cylindre O. Fig. 5.

Lorſque l'on obſerve les hauteurs méridiennes des Aſtres, la régle T Y

doit être placée dans la ligne méridienne, & des trois vis T X Y qui soutiennent le poids de tout l'Instrument, celle qui est en X, sert à baisser le plan de l'Instrument jusqu'à ce qu'il convienne avec le plan du Méridien, à la commodité de l'Observateur qui est placé vers X, & les deux autres servent à le hausser ou baisser peu à peu, jusqu'à ce que le fil du plomb marque la hauteur requise. Mais il arrive souvent qu'en tournant les vis qui sont en T & en Y, le Quart de cercle se détourne de sa véritable position; c'est pourquoi si le défaut est de quelques minutes, on y peut remédier en suspendant au derriére des branches de l'Instrument un poids mobile, lequel faisant changer le centre de gravité, fera aussi changer l'inclinaison du Quart de cercle, car les régles qui composent le pied ne sont pas entiérement exemptes de ressort. Or plus le lieu de suspension du poids sera proche du pied, moins il aura de force pour faire pancher l'Instrument.

La hauteur du pied est ordinairement de quatre pieds & demi ou environ, le même usage se fait également avec le pied à quatre branches.

La division du Quart de cercle doit être faite avec grand soin, afin que les observations se puissent faire exactement. Chaque dégré de cette division se subdivise en 60 minutes par le moyen de onze Cercles concentri-
Fig. 6. ques & de six lignes droites transversales, (comme la figure 6 le marque.) Les distances transversales sont égales entre elles, mais celles des Cercles sont inégales. Néanmoins cette inégalité n'est presque pas sensible, si nous supposons le rayon du Quart de cercle de trois pieds, & la distance entre les deux Cercles extérieurs d'un pouce. Car si l'on prend l'arc A E du Cercle extérieur de 10 minutes, & que l'on tire au centre C du Quart de cercle les rayons A D, E B, lesquels rencontrent le Cercle extérieur aux points D & B, l'arc D B sera aussi de 10 minutes, (nous supposons ici que la figure 6 est posée sur le limbe de l'Instrument marqué figure 1.)

Fig. 6. Mais si l'on tire les droites transversales A B, D E, lesquelles s'entrecoupent au point F, je dis que F est le point milieu de la division, par lequel doit passer le Cercle du milieu, car il y a même raison de l'arc A E, à l'arc B D (que l'on peut considérer comme lignes droites) que de A F à F B. Or le rayon partant du centre C divise en deux parties égales l'an-
Fig. 1. gle au centre, compris par les rayons D A, B E; alors il rencontrera la transversale A B au même point F: Car il est évident que B A est à D E, comme les divisions de la base A E du triangle rectiligne A D B. Mais comme B A est à D E, ainsi A E est à D B. C'est pourquoi A E est à D B, comme les divisions de la base A E faites par le rayon qui divise en deux l'angle A D E, & par conséquent le point F ci-devant trouvé dans la droite transversale A B, sera le point milieu de la division.

Nous avons supposé que A B est à D E, comme 36 pouces sont à 35; ainsi A B est à A F, comme 71 à 36. C'est pourquoi si la largeur d'un pouce, ou de 12 lignes, qui est la mesure supposée de A B, est divisée en 71 parties égales, la partie A F en aura 36, laquelle sera plus grande d'un demi ou d'environ un douziéme de ligne, que la moitie de A B, qui n'est que 35 & demi. Cette différence n'est d'aucune conséquence, & peut sans aucune erreur sensible se négliger dans la division du milieu, & à plus forte raison dans les autres où elle est moindre.

On peut, au lieu de faire les transversales en ligne droite, les faire en portion d'un cercle qui passeroit par le centre de l'Instrument, & par le

premier point & le dernier de la même tranſverſale ; alors il n'y auroit qu'à diviſer cette portion de circonférence circulaire en 10 parties égales, & l'on auroit les points exacts par où doivent paſſer les onze cercles concentriques.

Il eſt facile de calculer le rayon de ce cercle & de donner cette figure à la régle qui ſervira à diviſer l'Inſtrument, comme nous avons dit ci-devant en parlant de la diviſion des Cercles & des Demi-cercles, &c.

Il ſera bon de laiſſer au bas du limbe au-deſſous des diviſions les points qui auront ſervi à faire la diviſion de 10 en 10 minutes, cela donnera moyen de reprendre les hauteurs correſpondantes du Soleil le matin & le ſoir, avec beaucoup plus de préciſion qu'on ne peut faire en ſe ſervant des tranſverſales, à cauſe de l'eſtimation que l'on évite par là, outre que dans les tranſverſales il peut y avoir quelqu'erreur qui ne ſera pas dans les points. Car il eſt aſſez difficile de faire paſſer des lignes toujours préciſément par où l'on veut, & il eſt rare que les diviſions répondent toujours exactement au milieu du point par lequel on avoit eu intention de les faire paſſer. Si l'on joignoit au Quart de cercle un micrométre attaché à la lunette fixe de l'Inſtrument, on pourroit ſe paſſer des diviſions par tranſverſales, & les points ſuffiroient, puiſque le micrométre donneroit par le moyen d'un fil mobile l'intervalle qu'il y auroit depuis le point le plus proche juſqu'à l'endroit où ſe trouveroit le fil, ſans qu'on fût ſujet à l'eſtime toujours incertaine, à cauſe qu'on n'eſt pas toujours ſûr de l'endroit que coupe préciſément le cheveu ſur la tranſverſale comme ſur le point ; il ſuffiroit pour cela que le filet mobile pût hauſſer ou baiſſer au-deſſus & au-deſſous du filet horiſontal fixe de 10 minutes de dégrés ou un peu plus. Les Aſtronômes ſe ſervent pour leurs obſervations du Quart de cercle conſtruit de cette façon.

Des Lunettes de longue-vûe.

ON n'a jamais rien inventé de plus induſtrieux & de plus utile en toute l'Aſtronomie pratique. Ceux qui ont la vûe baſſe & les vieillards qui ne peuvent diſtinguer les objets qu'à certaine diſtance, peuvent par le ſecours des Lunettes & des fils de ſoie très-déliés voir auſſi diſtinctement les objets éloignés, que ceux qui ont la vûe très-fine. Ils peuvent auſſi contempler les Aſtres, comme s'ils étoient proches & très-grands, & déſigner leurs vrais lieux. Ces Lunettes ont deux verres, dont l'un eſt l'objectif poſé vers l'objet viſible & proche le centre du Quart de cercle, l'autre eſt l'oculaire, lequel doit être placé à l'autre bout de la Lunette vers l'œil de l'Obſervateur.

L'Objectif eſt une lentille de verre immobile, fermement attachée dans un cadre de fer ou de cuivre, lequel eſt arrêté avec des vis autour du centre de l'Inſtrument. Du côté de l'oculaire on met deux fils de ſoie ſe rencontrans à angles droits dans un cadre de fer, auquel on les attache avec de la cire ſur une petite piéce de cuivre, de telle ſorte que l'un ſoit perpendiculaire au plan de l'Inſtrument, & l'autre lui ſoit paralléle.

Le verre oculaire doit être mis dans un tuyau pour pouvoir l'avancer ou reculer ſuivant les différentes vûes ; la diſtance entre la lentille objective & les fils de ſoie doit, autant que faire ſe peut, être bien égale à la lon-

gueur du foyer de ladite lentille. Ces Lunettes doivent être disposées de telle sorte que la surface de la lentille de verre comme plane & le plan dans lequel sont les fils de soie soient paralléles & équidistans entre eux & perpendiculaires à la ligne droite, conduite par le centre de la lentille & par le point où se croisent les fils. Elles s'ajustent derriére l'Instrument, afin que le bord de cuivre divisé n'en soit aucunement embarassé.

Entre les cadres qui soutiennent les Lunettes on met un tuyau de cuivre ou de fer, composé de deux parties, dont l'une s'enchâsse dans l'autre, afin que l'on puisse facilement l'ôter des cadres par le moyen des viroles qui les tiennent ensemble.

La lentille convéxe oculaire doit s'approcher des fils de soie ou s'en reculer, selon la diverse constitution de l'œil de l'Observateur, afin qu'il puisse voir distinctement l'objet éloigné & les fils de soie.

Fig. 7. Ce verre oculaire se place dans un petit tuyau mobile, dont la plus grande partie est cachée dans un autre tuyau.

Toutes les fois que l'on veut nettoyer le dedans de la lentille objective ou remettre des fils de soie à la place de ceux qui se rompent, on détache de ces cadres le tuyau composé de lames de cuivre.

Mais la construction de la Lunette oculaire sera bien plus commode, si au lieu d'un cadre simple on se sert d'une petite boëte quarrée, épaisse d'environ quatre lignes, dont les deux côtés opposés soient paralléles au bord du Quart de cercle & ayent une rainure selon leur longueur, dans laquelle se puisse mouvoir une petite platine de médiocre épaisseur, percée par le milieu d'une ouverture ronde assez grande.

Sur la surface de cette platine représentée par la figure *a*, on tracera de part & d'autre les deux diamétres de ladite ouverture, dont l'un est paralléle au bord, & l'autre lui est perpendiculaire, afin d'y pouvoir appliquer les fils de soie, & les bien remettre en leur place toutes les fois qu'on les renouvelle. Cette platine est fort utile pour approcher ou reculer les fils de soie autant qu'il est besoin; & quand ils seront bien placés on fera tenir avec de la cire ladite platine à la boëte, laquelle doit être garnie de son couvercle à couliſſe, pour garantir les fils de soie de l'injure du tems & de tout autre accident.

Le dedans du tuyau doit être noirci avec de la fumée de résine, afin de garantir l'œil des rayons trop forts qui partent de l'objet lumineux, & que par ce moyen la vision en soit plus parfaite. La figure 7me fait voir aussi la construction de la boëte ou porte-filets dans laquelle on peut mettre au lieu des filets de soie une petite glace, sur laquelle on a tracé deux lignes fines à angles droits, telle que nous le verrons en parlant du micrométre.

La Lunette étant préparée & placée dans une situation commode, paralléle au rayon du Quart de cercle, il faut chercher par la Méthode qui suit, le premier point de la division du bord, lequel soit éloigné de 90 dégrés de la ligne de foi des Lunettes ou d'une ligne qui lui soit paralléle, passant par le centre dudit Quart de cercle. Mais auparavant il nous faut parler de cette ligne de foi, au sujet de laquelle M. de la Hire dit, qu'il eut autrefois une longue controverse avec des personnes fort célébres & grands Astronômes, lesquels prétendoient qu'il étoit impossible de trouver une ligne de foi stable & constante dans ces sortes de Lunettes, ne faisant pas suffisamment attention aux régles de la Dioptrique.

Il eſt évident par la Dioptrique que tous les rayons, qui partent d'un même point & qui paſſent par une lentille de verre, concourent après leur ſortie à un même point, que l'on appelle *Foyer*, pourvû toutefois que la diſtance du point rayonant à la lentille, ſoit plus grande que le demi-diamétre de l'une & l'autre convéxité que nous ſuppoſons ici égales; que de plus entre les rayons qui du point rayonant tombent ſur la ſurface antérieure de la lentille, celui qui concourt avec la ligne droite, qui conjoint les centres des convéxités, ne ſouffre aucune réfraction à l'entrée non plus qu'à la ſortie de la lentille. C'eſt pourquoi les points des objets qui ſont dans cette ligne droite, ſe repréſentent dans la même ligne que l'on nomme l'*Axe du tuyau optique*, & le point de cet axe qui eſt dans le milieu de l'épaiſſeur de la lentille, s'appelle le *Centre de ladite lentille.*

Si la ligne droite, qui paſſe par le Centre de la lentille & par le point où ſe croiſent les fils, convient avec l'Axe dudit tuyau optique, elle ſera la ligne de foi des Lunettes; & un objet fort éloigné (poſé dans l'axe prolongé) paroîtra dans le point même où ſe croiſent les fils, ni plus ni moins que dans les alidades communes, où l'on prend pour ligne de foi la ligne droite, qui paſſant par les fentes des pinules, eſt conduite juſqu'à l'objet. Mais quoiqu'il n'arrive preſque jamais dans la poſition des Lunettes que nous avons établie, que la ligne droite conduite de l'objet au point où ſe croiſent les fils & où ſe repréſente ledit objet, convienne avec l'Axe optique, nous ne laiſſerons pas cependant de trouver cette ligne de foi des Lunettes, qui s'étend en ligne droite depuis l'objet juſqu'à la repréſentation qui ſe fait au point où ſe croiſent les fils. Ce qui ſe démontre par le diſcours ſuivant.

Soit la lentille de verre X V, ſon axe A C B & ſon centre C; ſoit en outre le point F, où ſe croiſent les fils de ſoie hors de l'axe A C B. Si du point F (qui par ſa conſtruction eſt éloigné de la lentille, de la longueur de ſon foyer) quelques rayons paſſent & ſortent juſqu'à la ſurface oppoſée de ladite lentille, ils ſouffriront une réfraction à leur entrée dans ladite lentille, & une ſeconde réfraction à leur ſortie, après quoi ils ſe continueront paralléles entre eux. Or ces rayons paralléles entre eux le ſont auſſi à un des rayons, qui du point F tombent dans la lentille, comme fait le rayon F E, lequel après la premiére réfraction au point E, paſſe par le centre C: Car après une ſeconde réfraction à ſa ſortie, au point D, il ſe continue de D en O, paralléle au même rayon F E, ſuivant la régle de la Dioptrique. Mais tous les rayons briſés après la ſortie de la lentille ſont comme paralléles entre eux, s'ils appartiennent à un point O, fort éloigné. C'eſt pourquoi ils ſont auſſi paralléles au rayon F E O, qui de l'objet eſt prolongé directement au point O; & c'eſt cette ligne droite F E O, que nous appellons *ligne de foi* dans la ſuſdite poſition des Lunettes. Elle demeurera toujours la même, ſi l'on ne change point la ſituation deſdites Lunettes, c'eſt-à-dire, que la lentille de verre & les fils croiſés ſoient en même poſition & diſtance. L'objet O étant en un des points extrêmes de la ligne droite F E O, ſe préſentera au point F.

XIX. Planche. Fig. 8.

Il eſt à remarquer que la diſtance entre le rayon principal O D (qui du point O de l'objet tombe ſur la lentille) & ſon rayon briſé E F, eſt toujours moindre que l'épaiſſeur de ladite lentille D E, laquelle eſt inſenſible

& de nulle importance dans la distance d'un objet fort éloigné, & que cette distance des rayons paralléles O D, O E F, est d'autant moindre, que la lentille sera plus directement tournée vers la position des fils.

Toutefois il pourroit se faire que le point F se rencontreroit dans l'Axe même ; mais il n'est pas besoin de nous arrêter davantage sur cette matiére.

Fig. 1. Il nous faut présentement expliquer de quelle maniére on peut trouver le premier point de la division du bord du Quart de cercle. Ayant affermi le plan du Quart de cercle en une situation verticale, par le moyen du fil & de son plomb C D, dirigez la Lunette vers un point visible fort éloigné, posé proche l'horison sensible, eu égard au lieu où est placée la Lunette de l'Instrument ; ce que l'on pourra premiérement connoître en marquant sur le bord le point B, dans le rayon C B, paralléle à l'axe du tuyau, que l'on peut connoître à peu près ; & en prenant le point D éloigné dudit point B de 90 dégrés ; car lorsque le fil du pendule touchera le point D, l'objet qui paroît au point où se croisent les fils de soie, ou qui se voit par la Lunette, sera proche l'Horison. Car l'Horison sensible doit faire angle droit avec le fil du plomb C D. Mais comme nous ne sommes point encore certains que la Lunette soit parfaitement horisontale & de niveau, on renversera l'Instrument, en sorte que le point D soit en haut & le centre C en bas ; mais en cette transposition il faut avoir soin que la ligne de foi des Lunettes soit à la même hauteur qu'elle étoit en la premiére position. Ayant dirigé de nouveau les Lunettes vers le point premiérement observé, en sorte qu'il paroisse au point où se croisent les fils, & ayant ajusté au centre de l'Instrument le cylindre sur lequel le centre C du Quart de cercle avoit déja été marqué, on attache le cheveu avec de la cire sur le bord au point D, qui porte le plomb ; & s'il passe juste au centre C, il est certain que la ligne de foi des Lunettes est exactement de niveau & dans l'horison sensible avec l'objet visible. Car cette ligne de foi demeurant la même dans l'une & l'autre situation du Quart de cercle & prolongée avec la verticale C D, le point D sera le commencement de la division du bord, étant dans la ligne verticale & sous le zénit à l'égard de la ligne de foi de la Lunette ou d'une autre ligne qui lui est paralléle, avec lesquelles la verticale C D fait angles droits.

Mais si après avoir renversé l'Instrument, le cheveu du plomb suspendu du point D ne rencontre pas précisément le centre C, il faudra mouvoir le fil ou le cheveu jusqu'à ce qu'il passe par ledit centre C, sans changer aucunement la situation du Quart de cercle ni des Lunettes qui doivent toujours, comme auparavant, être dressées vers l'objet ; pour lors on marquera dans l'arc de cercle D E, décrit du centre C, passant par le point D, le point E qui se trouve sous le fil.

Je dis que si l'on divise en deux parties égales l'arc D E au point O, ce même point O sera le premier point de la division, & que le rayon C O sera un angle droit avec la ligne de foi des Lunettes. Cette opération est claire par elle-même ; car puisque la ligne de foi ou le rayon C B (qui lui est paralléle) ne change point en l'une & en l'autre position du Quart de cercle, si l'angle B C D en la situation naturelle de l'Instrument est plus grand qu'un droit, c'est-à-dire, si le point de l'objet miré est au-dessous de l'Horison, il est évident que la verticale C D prolongée, correspondante

aufil du plomb, fait avec la ligne de foi un angle plus petit qu'un droit, ſçavoir, le ſupplément de l'angle B C D, qui eſt égal à l'angle B C E. C'eſt pourquoi l'angle B C O, qui eſt moyen entre le plus grand & le plus petit qu'un droit (lequel eſt fait par le rayon C O & la ligne de foi) ſera droit, ce qu'il falloit démontrer.

Vous pourrez encore avoir le premier point de diviſion en connoiſſant un point parfaitement de niveau avec votre œil : ſi vous placez la Lunette dans ce point, l'endroit où tombera le cheveu, ſera le premier point de diviſion.

On peut faire la preuve de cette opération, ſi le fil du plomb paſſant par le point O, l'objet fort éloigné paroît au point où ſe croiſent les fils. Car ayant renverſé l'Inſtrument, & la Lunette étant toujours dirigée vers le même objet, le fil du plomb paſſera par les points O & C, autrement il y aura de l'erreur dans les obſervations.

Etant bien aſſuré du premier point de la diviſion, on tracera du centre C deux portions de cercle à un pouce de diſtance l'une de l'autre pour renfermer les diviſions. On ſe ſervira pour cela d'un Compas à couliſſe, dont les pointes ſeront bien fines, & dont celle du bout doit avancer ou reculer petit à petit par le moyen d'une vis & d'un écrou qui eſt ajuſté au bout de la branche du Compas ; enſuite du point O, premier point de diviſion & de la même ouverture d'un de ces arcs, on marquera une ſection ; puis on diviſera cette diſtance en deux, que l'on tranſportera au-delà de la ſection qui donnera le point B, & qui diviſera le Quart de cercle en trois également, qui vaudront chacun 30 dégrés.

Ces diſtances ſeront encore partagées en 3, puis en 2 ; enfin chacune de ces parties ſera diviſée en 5, & le Quart de cercle ſera diviſé en 90 dégrés. On diviſera enſuite chaque dégré en 6 parties égales, qui vaudront 10 minutes.

Les circonférences intérieure & extérieure étant très-parfaitement diviſées de la maniére que nous venons de dire, on tracera des lignes très-fines en tranſverſales, c'eſt-à-dire, du premier point de diviſion de l'arc d'en-haut, & du ſecond d'en-bas, & ainſi de ſuite de diviſions en diviſions, telle que la figure 6 le montre ; puis on partagera la diſtance des deux arcs de cercles en 10 également, & du centre C on tracera par ces points de diviſion neuf arcs de cercle, qui partageront les tranſverſales en 10, & par ce moyen le Quart de cercle ſe trouvera diviſé de minute en minute. Il faut ſe ſervir pour cela de bons Compas bien fins, & tracer les lignes & les cercles bien délicatement ; & pour les petites diviſions on doit avoir de petits Compas à reſſort, dont les pointes ne ſoient pas plus groſſes qu'une aiguille, & d'un bon Trace-ligne bien fin.

Outre les 90 dégrés du Quart de cercle, on continue pour certains uſages la diviſion d'environ 5 dégrés au-delà du point O.

Toutes les fois que l'on tranſportera cet Inſtrument par chariots ou ſur des chevaux, il faudra le rectifier de crainte que les Lunettes ne ſoient ébranlées, ce qui arrive ſouvent aux fils de ſoie, quoique l'Inſtrument ne change pas même de place, principalement lorſque le Soleil échauffe le tuyau de la Lunette ; car pour lors les fils ſe bandent, puis à l'abſence du Soleil ils ſe relâchent & deviennent crépus, & ainſi ils ne ſont plus propres à faire des obſervations. On peut néanmoins ſe paſſer de faire la preuve de la Lunette, lorſque l'on croira qu'il ne ſera arrivé aucun changement aux

fils de soie, puisque le verre objectif demeure immobile & toujours le même, & que la courbure des fils causée de tems en tems par l'humidité de l'air, se rétablit le plus souvent au premier beau tems.

Il faut remarquer que si l'on remet de nouvelles lunettes à un Instrument déja divisé, il sera très-difficile de les faire convenir avec la division. C'est pourquoi en ayant fait l'épreuve, comme nous l'avons dit ci-devant, on connoîtra de combien les lunettes font l'angle plus petit ou plus grand qu'un droit avec le rayon qui passe par le premier point de la division, il faudra avoir égard à cette différence en toutes les observations. Car si cet angle est plus grand qu'un droit, toutes les hauteurs observées seront plus grandes que les véritables de la quantité de cette différence ; & au contraire si cet angle est plus petit qu'un droit, les véritables hauteurs seront plus grandes que les observées ; cependant on pourroit placer les fils de soie de telle maniére que la ligne de foi des lunettes feroit un angle droit avec le rayon qui passe par le premier point de la division, en appliquant les fils sur une platine mobile, comme nous avons dit en la construction du Quart de cercle. Mais comme dans les voyages il faut souvent faire la preuve de cet Instrument, & que la susdite Méthode est sujette à beaucoup d'incommodités, tant parce qu'il est difficile de renverser l'Instrument de maniére que le tuyau de la lunette reste à même hauteur, qu'à cause des différentes réfractions de l'Atmosphere autour de l'Horison à différentes heures du jour, comme aussi par l'agitation & l'ondulation de l'air, & autres choses semblables : nous ajoûtons ici deux autres Méthodes propres à rectifier ces sortes d'Instrumens, afin que chacun puisse choisir celle qui lui paroîtra plus commode selon les tems & les lieux.

Seconde Méthode pour éprouver la position des Lunettes de longue vûe.

POur cette opération il faut choisir un lieu d'où l'on puisse voir distinctement un objet éloigné du moins de mille toises, & dont l'élévation sur l'Horison ne passe point le nombre des dégrés que l'on marque sur le bord au-delà du commencement de la division. Ayant donc observé la hauteur de cet objet telle qu'elle paroît par les dégrés du bord, on mettra devant le Quart de cercle, & le plus près qu'il se pourra, un vase de large embouchure, qu'on remplira entiérement d'eau jusqu'au sommet des bords, le plus à comble que faire se pourra. Ensuite il faut hausser ou baisser le vase jusqu'à ce que par la Lunette on voye ledit objet sur la surface de l'eau comme dans un miroir, ce qui ne sera pas difficile, pourvû que la surface de l'eau ne soit pas troublée par l'agitation de l'air. Nous aurons donc l'abaissement de cet objet par réfléxion, & on le verra dans une situation droite ; car nous nous servons de Lunettes composées de deux lentilles de verre convexe qui représentent les objets renversés ; mais par la réfléxion, un objet renversé se renverse encore une fois, c'est pourquoi il paroît droit.

Il faut remarquer cependant que l'abaissement de l'objet peut quelquefois se voir sur les dégrés du bord comme la hauteur : ce qui arrivera si l'angle (fait de la ligne de foi, & du rayon qui passe par le premier point de la division) est plus grand qu'un droit ; & au contraire, en d'autres cas la hauteur paroîtra comme l'abaissement, si l'angle de la ligne de foi avec le rayon qui passe par le premier point de la division, est plus petit qu'un

droit. Mais en tous ces cas, ſans avoir égard à l'élévation ou abaiſſement marqué ſur le bord, le point milieu marqué exactement entre les deux obſervations ſera vertical & répondra au Zénith, par rapport à la ligne de foi des Lunettes.

Ayant donc trouvé l'erreur de l'Inſtrument, c'eſt-à-dire, ſa différence entre le premier point de la diviſion marqué ſur le bord & le point qui répond au Zénith, on tâchera de remettre les fils de ſoie en leur vraie poſition, ſi cela ſe peut faire commodément; ſinon il faudra avoir égard à l'erreur que l'on a reconnue en toutes les obſervations, ſoit d'élévation, ſoit d'abaiſſement.

Mais il faut remarquer que ſi l'objet eſt proche & élevé ſur l'Horiſon de pluſieurs minutes, il faudra trouver la véritable erreur de l'Inſtrument, par le calcul en la maniére ſuivante.

Dans un triangle (dont un côté ſoit la diſtance connue entre le lieu de l'obſervation & l'objet, l'autre côté ſoit la diſtance entre le point milieu de la longueur de la Lunette & le point de la ſurface de l'eau où elle eſt rencontrée par le rayon réfléchi avec l'angle compris de ces deux côtés, ſçavoir l'angle ou l'arc compris entre les obſervations de l'élévation & de l'abaiſſement de l'objet) on trouvera par le calcul l'angle oppoſé au plus petit côté. De la quantité de cet angle il faut diminuer l'arc entre les obſervations du côté du Quart de cercle prolongé; & le point milieu de l'arc reſtant, ſera le vrai commencement de la diviſion.

Ainſi l'on peut trouver la diſtance entre le point milieu du tuyau de la Lunette & le point de la ſurface de l'eau rencontrée par le rayon réfléchi, par le moyen d'une régle ou d'un fil tendu & prolongé depuis ledit tuyau juſqu'à la ſurface de l'eau.

Troiſiéme Méthode.

CEtte opération eſt ſimple, mais les obſervations ne ſont pas faciles à faire. Nous ſuppoſons en cette Méthode, comme en la précédente, qu'il y a ſur le bord du Quart de cercle quelques dégrés marqués & diviſés au-delà du point de 90 de hauteur, qui répond au Zénith. Nous obſervons pendant une belle nuit, le tems étant ſerein & tranquille, la hauteur méridienne de quelque étoile qui approche de notre Zénith, ayant tourné vers l'Orient la face diviſée du bord de l'Inſtrument. La nuit ſuivante, ou peu de tems après, nous obſervons ſemblablement la hauteur méridienne de la même étoile, mais la face diviſée du bord étant tournée vers l'Occident: alors nous diſons que le point milieu de l'arc entre les obſervations eſt le point de 90 dégrés, par où paſſe le rayon paralléle de la ligne de foi de la Lunette.

Cette troiſiéme Méthode eſt fort utile pour prouver la poſition des Lunettes, que l'on ajuſte non ſeulement aux Quarts de cercle, mais principalement aux Inſtrumens qui contiennent la huitiéme ou ſixiéme partie, ou toute autre portion de cercle. Car par ſon moyen on connoîtra auquel des rayons de l'Inſtrument ſera paralléle la ligne de foi deſdites Lunettes.

Nous parlerons ci-après de la maniére d'obſerver les Aſtres dans le Méridien, ou la médiation du Ciel, & de la maniére d'obſerver les étoiles avec les Lunettes de longue vûe.

De la Régle mobile du Quart de cercle.

Fig. 9. IL ne nous reſte plus qu'à parler de la conſtruction & uſage de la Régle du Quart de cercle. Cette Régle étant mobile, n'eſt autre choſe qu'une alidade avec une Lunette, qui fait le même effet que les alidades des autres Inſtrumens, pour faire tel angle que l'on veut avec la Lunette immobile & attachée au Quart de cercle. On l'appelle *Régle*, parce que ſa principale partie eſt une Régle de fer ou de cuivre percée par un bout, & tellement ajuſtée au cylindre central, dont nous avons parlé ci-devant, qu'elle ne peut ſe mouvoir que d'un mouvement circulaire.

Sur cette Régle on attache deux cadres de fer ou de cuivre. Dans le cadre qui eſt vers le centre de l'Inſtrument on met la lentille objective, & dans l'autre l'oculaire avec les fils de ſoie qui ſe croiſent, leſquels compoſent enſemble une Lunette de longue-vûe, ſemblable en toutes ſes parties à l'autre Lunette, dont nous avons ci-devant parlé, laquelle eſt attachée au Quart de cercle.

A l'extrémité de la Régle, qui joint le bord du Quart de cercle, on fera une petite fenêtre de la grandeur d'environ un dégré, comme ils ſont marqués en la diviſion du bord. On met à cette petite ouverture un cheveu tendu, lequel paſſant par le milieu eſt continué au centre du Quart de cercle.

Mais comme dans l'uſage de cette Régle un cheveu eſt ſujet aux diverſes inconſtances de l'air, on met à ſa place une lame de corne bien claire, ou un verre blanc & uni, ajuſté dans un petit chaſſis. Sur la ſurface qui regarde le bord de l'Inſtrument on trace une ligne droite, laquelle eſt dirigée au centre de l'Inſtrument. On fait tenir ce chaſſis à la petite fenêtre qui eſt au bas de la Régle, par le moyen de quelques vis.

Avant d'en venir à l'uſage, il faut éprouver la Lunette, afin de connoître ſi celle qui eſt immobile & attachée à l'Inſtrument convient avec celle qui eſt mobile. Pour cet effet ayant placé horiſontalement le plan de l'Inſtrument, & ayant dirigé la Lunette immobile vers un point de quelqu'objet viſible, éloigné au moins de 500 toiſes, on tournera la Régle juſqu'à ce que l'on apperçoive le même objet par la Lunette de ladite Régle mobile, ou du moins qu'il paroiſſe dans le fil de ſoie perpendiculaire au plan du Quart de cercle : car il importe peu que l'objet ſoit au point où ſe croiſent les fils en chaque Lunette, ou dans le fil perpendiculaire. Regardez pour lors le point de la diviſion auquel convient la ligne de foi de la Régle ; que ſi la ligne marquée ſur la feuille de corne tombe juſtement ſur le point de 90 dégrés de la diviſion, c'eſt une marque que leſdites Lunettes conviennent enſemble ; ſinon il faudra ou replacer ladite feuille de corne pour la faire convenir, ou avoir toujours égard dans les obſervations des angles à la différence qui ſe trouve entre le premier point de la diviſion & la ligne tracée ſur ladite corne ou verre.

Pour ce qui regarde les diſtances entre deux objets, ſoit au Ciel, ſoit ſur la terre, le plan de l'Inſtrument étant ſitué de maniére que les objets y conviennent, on obſervera les angles comme on fait avec les alidades ordinaires, c'eſt-à-dire, celles qui ſont au Demi-cercle ou autres Inſtrumens, dont nous avons parlé au Livre IV.

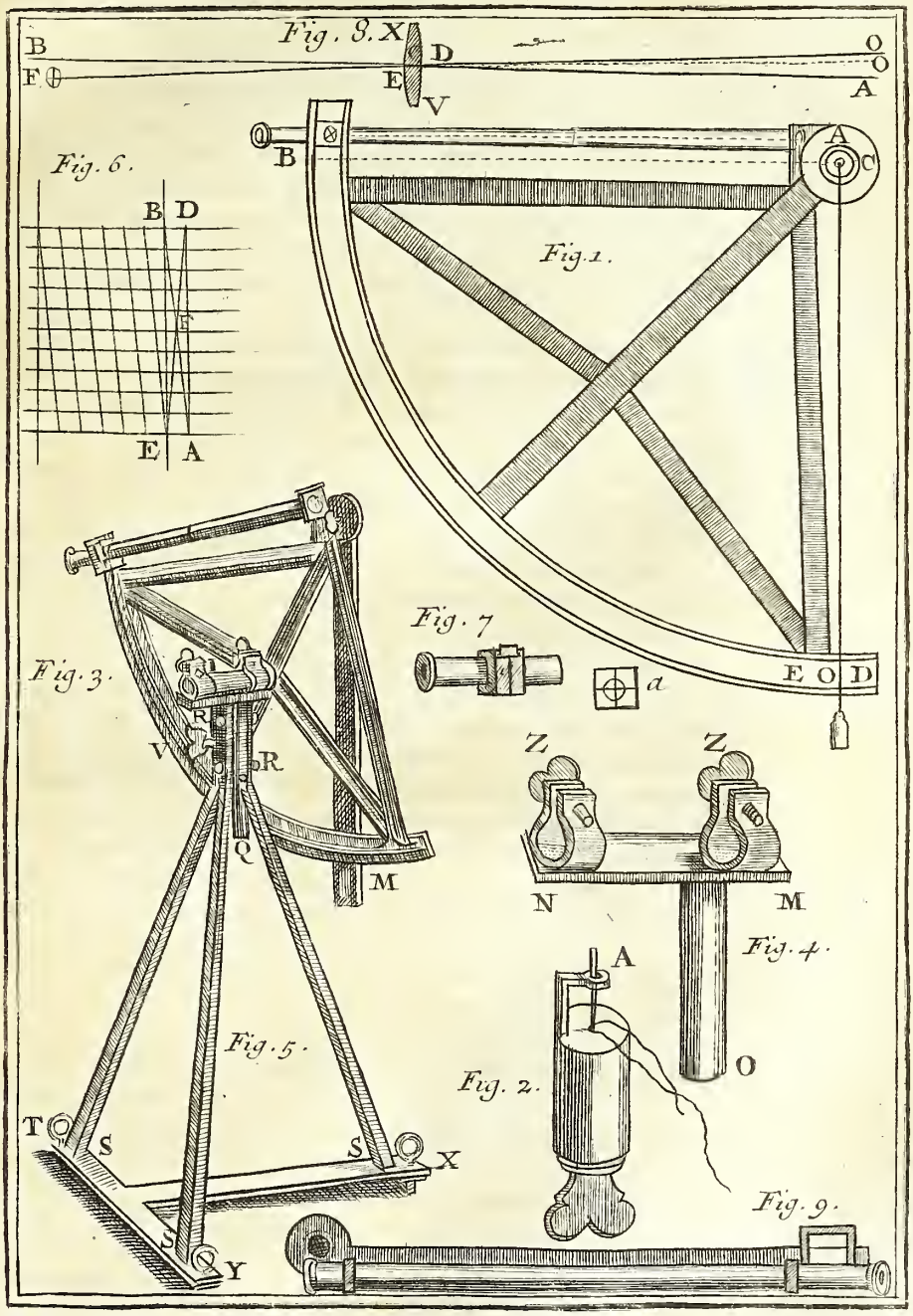
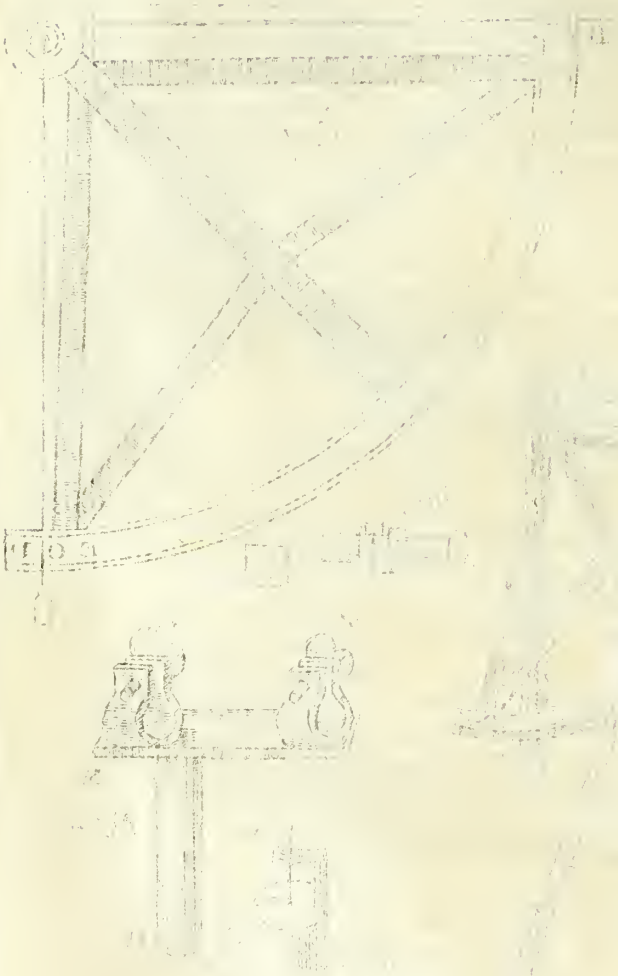


Fig. 8. X
B
F
E
D
V
O
O
A
Fig. 6.
B D
E A
B
A
C
Fig. 1.
E O D
Fig. 7
a
Fig. 3.
V
R
R
Q
M
Z
Z
N
M
Fig. 4.
A
O
Fig. 2.
Fig. 5.
T
S
S
X
S
Y
Fig. 9.



CHAPITRE II.

Description d'un Octans pour prendre la hauteur des Astres, & de quelqu'autres Instrumens servans à l'Astronomie.

DAns le Mémoire de l'Académie des Sciences de 1718 (où il est parlé de la grandeur & de la figure de la Terre) M. Cassini donne la construction du Quart de cercle & de l'*Octans*. Ayant ci-devant donné la construction du Quart de cercle suivant les Mémoires de M. de la Hire, nous allons rapporter ici ce que dit M. Cassini au sujet de l'*Octans*. Le Quart de cercle ne pouvant pas toujours être placé à cause de sa grandeur dans les endroits où il est nécessaire d'observer, on se sert de l'Octans, parce qu'il a moins d'étendue & que ses dégrés sont d'égale grandeur.

Le Rayon de cet Instrument est de 36 pouces, depuis le centre jusqu'à l'extrémité du limbe A B C; il représente une portion de cercle d'un peu plus de 50 dégrés. On le divise en dégrés, & les dégrés en minutes, comme nous le dirons après avoir donné la construction de cet Instrument & de ses différentes parties. Le limbe A B C est une plaque de cuivre circulaire d'environ vingt lignes de largeur & d'une ligne d'épaisseur: Ce limbe est arrêté fixément sur une plaque de fer de figure semblable; il y a une régle de fer circulaire posée sur le champ derriére le limbe pour le renforcer; cette régle a d'espace en espace divers tenons coudés, par le moyen desquels on l'applique fixément avec des vis contre le limbe de fer. D L est une régle de fer platte avec un tenon à son extrémité L, qui entre dans le limbe A B C, dans une entaille qui est derriére, où elle est attachée rase audit limbe. L'autre bout D de cette régle, qui est élargi en cercle, passe vers l'autre extrémité & forme le centre de l'Instrument. Elle est recouverte en cet endroit par devant d'une plaque de cuivre, qui est dressée exactement dans le plan du limbe de cuivre: cette plaque aussi-bien que la régle, qui la soutient, est percée au milieu d'un trou cylindrique de quatre lignes de diamétre, de sorte que ce trou étant bouché exactement par un cylindre de cuivre, le centre de la base de ce cylindre, qui est dans le plan de la plaque, est aussi le centre de l'Instrument. XX. Planche, Fig. 80.

La régle D L est renforcée & maintenue par la régle de fer K N. Elle est attachée par un bout à la plaque du centre, & par l'autre bout au limbe A B C. Il en est de même de la régle O P, & de la régle M F, qui sont mises pour maintenir l'Instrument, & sont aussi pour la plûpart renforcées sur le champ par des régles & arrêtées avec des vis.

Mais nous croyons que pour que l'Instrument fût plus stable & plus solide, il faudroit que le limbe & les branches fussent forgées & brisées comme si c'étoit d'une même piéce; après l'avoir bien dressé on le renforcera par derriére de régles mises sur le champ, & retenues par des tenons & des vis, comme il a été dit ci-devant. Il en est de même pour les Quarts de cercle & les Sextans. Il est à remarquer que les deux régles O P & M F doivent être placées de maniére que le point de leurs concours avec tout le corps de l'Instrument soit à peu près le centre de gravité.

On place derriére le limbe la Lunette R S, dont le tuyau eſt quarré & dont l'axe doit être paralléle au rayon qui paſſe par le centre & par le commencement de la diviſion. L'extrémité du tuyau de cette Lunette eſt attachée d'un côté à la plaque ronde D E, & de l'autre au limbe A B C. On applique auſſi derriére le limbe une autre Lunette G I, dont le tuyau qui eſt auſſi quarré, coupe à angles droits le tuyau de la Lunette R S, enſorte que la partie F H eſt commune aux deux Lunettes. Cela ſe fait en taillant les deux tuyaux en cet endroit, & on les retient avec des vis à la régle M F. Il eſt à remarquer que les bouts de ces deux Lunettes doivent être ronds en dedans, pour y pouvoir faire entrer les petits tuyaux qui portent les filets & les verres.

La régle T V, qui ſert d'alidade, eſt de fer, & la Lunette qui eſt poſée deſſus, eſt ronde & de cuivre ; elle a vers une de ſes extrémités du côté de l'objectif une plaque ronde, qui eſt percée d'un trou cylindrique du diamétre égal à celui qui eſt au centre de l'Inſtrument, afin que le méme cylindre qui paſſe par ce trou entre auſſi exactement dans cette plaque. Vers l'extrémité de la Lunette T V, du côté de l'oculaire, eſt une piéce coudée de même qu'à l'alidade du Quart de cercle, qui embraſſe l'épaiſſeur du limbe avec une vis par-deſſous, pour arrêter l'alidade dans la ſituation que l'on veut, & un petit chaſſis par-deſſus, qui porte un cheveu que l'on dirige par le moyen d'une couliſſe : ce cheveu doit être dirigé au centre & peut avancer ou reculer & être arrêté fixément à l'alidade par le moyen de deux vis.

Les trois Lunettes S R, G I & V T, ont chacune au foyer commun du verre objectif & de l'oculaire, un chaſſis qui entre à couliſſe par l'un des côtés & qui porte deux ſoies, qui ſe coupant à angles droits, doivent être paralléles aux côtés de la Lunette. On les arrête dans cette ſituation par le moyen de deux vis. Nous allons expliquer ceci un peu plus en détail par le moyen de la figure 2me.

Fig. 2. Cette Lunette eſt compoſée de deux piéces F R & V R, qui entrent exactement l'une dans l'autre, & qui ont vers leurs extrémités deux quarrés de cuivre M & N, d'égale grandeur, percés chacun d'un trou concentrique, dont la diſtance eſt un peu plus petite que la longueur du rayon de l'Inſtrument. On tourne ces tuyaux, de ſorte que les côtés correſpondans des deux quarrés ſoient ſur un même plan, & on les arrête dans cette ſituation.

Ayant placé dans le tuyau F V un verre objectif vers ſon extrémité F, on fait entrer à l'autre extrémité V un petit tuyau *a b*, dont la longueur eſt égale à celle du foyer du verre ; à l'extrémité *f g* de ce tuyau on place deux fils de ſoie ſimple *a e*, *f g*, qu'on fait croiſer à angles droits. On enfonce le petit tuyau *a b* dans le grand F V, enſorte que les fils *a e*, *f g*, ſoient au foyer du verre objectif, & on les tourne de maniére qu'ils ſoient paralléles aux côtés des quarrés. On place le verre oculaire à l'extrémité *c* d'un autre petit tuyau *c d* de même diamétre, & qui entre exactement dans le tuyau de la Lunette & s'applique au tuyau *a b*, qui porte les fils. Pour ce qui eſt du verre objectif, il faut qu'il ſoit bien centré, c'eſt-à-dire, qu'à ſa circonférence il ſoit par tout d'égale épaiſſeur, afin que l'axe du verre ſoit le même que celui de la Lunette.

Pour

Pour examiner si ce verre est bien centré, on met la Lunette sur un plan horisontal, & ayant regardé un objet éloigné, qui tombe sur l'intersection des fils, on marque exactement la situation de la Lunette sur le plan ; on la tourne ensuite sur le côté opposé en la mettant dans la même situation, & l'on observe si le même objet tombe sur l'intersection des fils. S'il y a quelque différence il faut pousser le verre objectif jusqu'à ce que ce concours se fasse exactement ; on fait ensuite la même opération sur les deux autres côtés du quarré, & si l'objet se rencontre de même sur l'intersection des fils, on est assuré que la Lunette est bien centrée ; s'il y a quelque différence, il faut pousser le verre objectif de côté ou d'autre jusqu'à ce que le même objet se trouve précisément dans l'intersection des fils, de quelque côté qu'on pose la Lunette, & l'on arrête l'objectif dans cette situation.

La Lunette étant en cet état, on place les deux quarrés de cuivre qui sont joints à la Lunette (*figure* 2) dans deux chassis quarrés, arrêtés sur l'alidade, l'un vers le bord intérieur du limbe, & l'autre vers l'extrémité de l'alidade du côté du centre, mais à distance égale du rayon qui part du centre, & qui passe par le point de la division, où l'on a marqué 90 dégrés. Le diamétre intérieur de ces chassis est un peu plus grand que le diamétre extérieur des quarrés, & ils ont à trois de leurs côtés des vis qui entrent à écrou dans leur épaisseur & servent à arrêter la Lunette après qu'on l'a avancée de côté ou d'autre, jusqu'à ce que son axe soit exactement paralléle au rayon qui passe par le centre & par le point de la division de 90 dégrés.

Pour observer les hauteurs apparentes des Astres ou de quelqu'autre objet sur l'horison artificiel, on a un cylindre de cuivre *a b d e*, dont le diamétre *a d* est égal au diamétre du trou cylindrique du centre de l'Instrument, (*figure* 1) & dont la longueur *a b* est égale à l'épaisseur du trou. On arrête fixément sur la surface extérieure *a d* de ce cylindre une piéce de cuivre *g f*, perpendiculaire à cette surface. Cette piéce a deux petites oreilles *i l*, qui sont percées chacune d'un fort petit trou, pour y faire passer une aiguille déliée, dont la pointe entre précisément dans le centre du cylindre, qui est aussi percé d'un très-petit trou en *c* ; on fait entrer ce cylindre par derriére l'Instrument, en sorte que sa surface extérieure soit exactement dans le plan du limbe, & l'on suspend à l'aiguille qui répond au centre un cheveu dont la longueur doit un peu excéder celle du rayon de l'Instrument, & à l'extrémité duquel est attaché un petit plomb. Lorsqu'on se sert de l'alidade pour observer les angles de position, qui sont entre divers objets diposés sur l'Horison, on a un autre cylindre de cuivre *a c d e*, dont le diamétre *a d* est égal au trou qui est au centre de l'Instrument, & dont la longueur *a c* est égale à l'épaisseur dudit Instrument & à celle de l'alidade. On fait entrer ce cylindre dans le centre de l'Instrument & dans celui de l'alidade, & on l'arrête par le moyen d'une vis *f g* qui entre à écrou dans son épaisseur.

Fig. 3.

Fig. 9.

La division de cet Instrument se fait comme au Quart de cercle & au Sextans, c'est-à-dire, en dégrés & en minutes, de cette maniére : on décrit du centre sur le limbe deux arcs concentriques éloignés l'un de l'autre d'environ 13 lignes ; après avoir tracé un rayon du centre perpendiculaire à l'endroit où doit commencer la division, on divise chacun de

ces arcs en dégrés, & chaque dégré en ſix parties, qui ſont de dix minutes chacune. Chaque dégré eſt de la maniére qu'on l'a repréſenté (*figure* 4.)

Fig. 4. On tire du commencement O de la diviſion du cercle intérieur, une ligne tranſverſale à la diviſion X du cercle extérieur, & ainſi de ſuite. On diviſe enſuite la ligne O X en deux parties proportionnelles aux rayons *c* O, *c* X des deux cercles, & l'angle O *c* X, qui eſt de dix minutes, ſe trouve diviſé en deux parties égales au point Z. On diviſe enſuite chacune de ces parties O Z, Z X, en cinq autres parties, ayant égard à l'inégalité que ces cinq parties doivent avoir entre elles, à cauſe de leur diverſe diſtance du centre *c*; & l'on décrit de ce centre par les points de ces diviſions 1, 2, 3, &c. des arcs concentriques aux deux arcs O S L T, qui diviſent toutes les tranſverſales en dix parties, dont chacune répond à une minute. On ſuppoſe ici que toutes les opérations, dont on vient de parler, ſe ſont faites ſur le limbe de l'Inſtrument.

Fig. 5. Le pied pour porter l'Inſtrument, eſt compoſé de deux barres de fer A B, C D en forme d'arc, qui ſe croiſent enſemble à angles droits, & s'appliquent exactement l'une ſur l'autre par le moyen d'une entaille qu'on a faite dans leur commune interſection. Ces barres ſont percées à leur extrémité A B, C D par des écrous où entrent des vis de cuivre de 7 à 8 lignes de diamétre, qui ſervent à hauſſer ou baiſſer le pied. I X eſt un canon de fer terminé à ſon extrémité X par un tenon: on fait entrer ce tenon dans un trou quarré qui eſt dans l'interſection commune des deux barres, & on l'arrête par-deſſous avec une clavette; le canon I X eſt ſoutenu dans une ſituation perpendiculaire par quatre barres coudées F M, G M, H N, L N, qui entrent d'un côté dans le canon en M & en N, & de l'autre côté dans les extrémités des barres en F, G, H, L: & on les arrête par-deſſous avec des clavettes. On fait entrer dans le canon I X une broche cylindrique O P, qui peut tourner ſur ſon axe, & que l'on arrête

Fig. 6. dans la ſituation que l'on veut par le moyen de la vis K (*figure* 5) qui eſt au canon du pied. Cette broche eſt foudée à une plaque horiſontale Q R, qui lui eſt appliquée à angles droits, & qui porte deux viroles Q R, dans leſquelles entre la broche X Z (*figure* 7) qui eſt preſſée en deſſous par un reſſort V, & par deſſus par deux vis S T, qui entrent à écrou dans les

Fig. 7. viroles Q R (*figure* 6.) Cette broche X Z eſt jointe à une forte plaque de fer quarrée, qui eſt fendue par deſſous pour embraſſer la Lunette G I: elle eſt attachée par quatre vis au cercle, qui eſt dans le centre de gravité de l'Inſtrument. Dans cet état le plan de l'Inſtrument qui eſt perpendiculaire à la broche X Z, ſe trouve dans une ſituation verticale, & ſert pour obſerver les hauteurs apparentes des objets ſur l'horiſon. Mais lorſqu'on veut le mettre dans une ſituation horiſontale, on ſe ſert d'un autre genou,

Fig. 8. tel qu'il eſt repréſenté dans la figure 8, qui a une broche ſemblable à celle de la figure 6; ayant fait entrer cette broche dans les viroles Q R de la figure 6, enſorte que les viroles C D de la figure 8 ſoient dans une ſituation verticale, on fait entrer dans ces derniéres la broche X Z de l'Inſtrument, lequel on met par ce moyen dans une ſituation horiſontale.

On pourroit ſe paſſer de ces derniéres broches ou genoux pour mettre l'Inſtrument horiſontalement, en faiſant ſeulement entrer la broche X Z, dans le canon I du pied de fer, & l'Inſtrument ſeroit poſé horiſontalement.

Remarque sur la vérification des Lunettes de cet Instrument.

Lorsque l'angle de position, que l'on veut observer entre deux objets, n'excéde pas 50 dégrés, on se sert de la Lunette R S, & de la Lunette V T, dont on a régle le cheveu posé sur le chassis de la maniére qui a été expliquée ci-devant, & l'on compte les dégrés marqués immédiatement au-dessous de la division depuis O jusqu'à 50; mais lorsque cet angle excéde 50 dégrés, alors on dirige la Lunette G I à un des objets, & la Lunette mobile V T à l'autre objet, & l'on marque les dégrés qui sont au-dessus des premiers, & qui commençant par 90, vont en diminuant jusqu'à 40: car alors l'angle observé entre les deux Lunettes G I T V, est mesuré par l'angle V M F, complément de l'angle M V R, qui est marqué sur le limbe depuis le commencement de la division, jusqu'à l'endroit où est placé le cheveu de l'alidade. Fig. 1.

Les observations que l'on fait avec la Lunette G I, suppose nt que son axe est exactement perpendiculaire à l'axe de la Lunette R S; ce qu'on vérifie en observant avec les deux Lunettes R S, T V, bien réglées, un angle entre deux objets éloignés, qui soit entre 40 & 50 dégrés; on observe ensuite l'angle entre les deux objets avec les deux Lunettes G I, TV; si l'angle observé par les deux Lunettes R S, T V, est égal à celui trouvé par les Lunettes G I, T V, c'est une preuve que la Lunette G I est bien réglée. S'il y a quelque différence, on en tient compte dans les observations faites par les deux Lunettes G I, T V.

On peut aussi, pour la vérification des Lunettes de cet Instrument, observer, lorsque l'Horison est libre, les angles qui sont entre les objets disposés tout à l'entour, si la somme de ces angle est égales à 360 dégrés, il n'y a aucune correction à faire à ces angles; mais s'il s'y trouve quelque différence, il la faut partager par le nombre des angles observés tout autour de l'Horison, pour en tenir compte dans ceux que l'on observera dans la suite.

Description de la Machine parallactique.

Cette Machine est très-commode dans la pratique, & fort utile dans l'Astronomie. Je vais en donner une description abrégée sur celle que M. Cassini a bien voulu me communiquer, tirée des Mémoires de l'Académie des Sciences au sujet d'une Eclipse de Venus par la Lune, arrivée le 31 Décembre 1720. Cet illustre Astronôme a fait faire à cette Machine quelques augmentations, pour pouvoir à toutes les heures du jour appercevoir les Planettes & les principales Etoiles fixes, & faire les mêmes observations que l'on pratique pendant la nuit. XX. Planche

A B E F est un piédestal ou support formé de plusieurs piéces de bois, dont les deux B I, A I, sont assemblées à équerre dans la traverse E F, & les quatre autres leur servent d'arc-boutans. A B est un axe de bois cylindrique posé sur ce piédestal, de maniére que son inclinaison A B I, à l'égard de l'Horison soit égale à la hauteur du pôle du lieu, où l'on observe, cet axe est engagé à son extrémité inférieure B, dans une piéce de bois quarrée G L H M, qui lui est perpendiculaire, au-dedans de laquelle il peut tourner librement. La partie A supérieure est aussi embrassée par Fig. 2.

deux piéces de bois N Q concaves en-dedans, que l'on peut ſerrer l'une contre l'autre par le moyen d'une vis & d'un écrou, afin que l'axe puiſſe tourner librement ſans avoir trop de jeu.

Ces deux piéces ſont priſes dans la piéce perpendiculaire A I, & le bout de l'axe qui eſt élargi eſt engagé dans un parallélogramme, dont deux côtés ſont joints enſemble par deux piéces de bois C D, P V, de figure ſemblable, de cinq à ſix pieds de longueur. Elles ſont retenues par les bouts & par le milieu avec des traverſes concaves, qui ſont de trois pouces de largeur & forment un canal propre à poſer une Lunette. Ces piéces C D, P V, s'élargiſſent vers le milieu dans leur partie inférieure en forme de demi-cercle S O R, d'environ huit pouces de rayon : elles ont dans le reſte de leur longueur environ quatre pouces de largeur ſur un pouce d'épaiſſeur. On arrête ces piéces de bois à l'axe de la Machine, par le moyen d'une vis T & d'un écrou derriére, qui paſſe par le milieu de l'axe & par le centre de chaque demi-cercle, enſorte qu'elles puiſſent tourner aiſément ſur les côtés paralléles de l'extrémité ſupérieure de l'axe A B, & s'incliner diverſement.

On dirige l'axe A B de cette machine ſur le Méridien par le moyen de ſon pied, dont une des traverſes B I eſt dans le plan vertical qui paſſe par le milieu de l'axe, & l'autre traverſe E F, lui eſt perpendiculaire ; on place ſur les piéces C D, P V, qui ſervent de ſupport, une Lunette de 8 à 10 pieds de longueur, plus ou moins, ſuivant les obſervations qu'on a deſſein de faire. Cette machine en cet état a deux mouvemens, l'un de l'axe autour de ſon centre qui ſe fait de l'Orient vers l'Occident, & l'autre du ſupport de la Lunette le long des côtés applatis de l'axe qui ſe fait du Midi vers le Septentrion.

Pour diriger la Lunette de cet Inſtrument pendant le jour à une Etoile qu'on veut appercevoir, on a diviſé en dégrés un Demi-cercle marqué O au milieu, & continué les diviſions de côté & d'autre juſqu'à 90 dégrés ; mais on n'en a beſoin du côté du Midi pour ce pays que juſqu'à 41 dégrés, & du côté du Septentrion que juſqu'à 49 dégrés. On a placé un *index* ſur la partie applatie de l'axe, dont la direction eſt perpendiculaire à cet axe, & dont la pointe en O répond aux dégrés de la diviſion. On a auſſi diviſé ſur la planche G L H M, qui eſt perpendiculaire à l'axe, un cercle qui a pour centre le point milieu de cet axe. On diviſe en dégrés ce cercle marqué O dans ſa partie ſupérieure, en continuant les diviſions de part & d'autre. On attache fixément à l'extrémité B de cet axe une aiguille ou *index* B O, qui lui eſt perpendiculaire, & qui eſt dirigée de ſorte que l'axe de la machine & la Lunette étant dans le plan du Méridien, l'extrémité de l'*index* réponde au commencement de la diviſion. Il eſt évident que les deux aiguilles étant chacune au commencement de la diviſion de leur cercle, le centre de la Lunette doit être dirigé à l'interſection du plan de l'Equateur avec le Méridien.

Pour trouver préſentement à telle heure du jour que l'on voudra la ſituation d'une Etoile, dont l'aſcenſion droite & la déclinaiſon ſont connues, on élevera ou l'on abaiſſera le ſupport C P V D, juſqu'à ce que l'aiguille marque ſur le Demi-cercle diviſé, le dégré de déclinaiſon de cette Etoile, qui doit être de O vers R, lorſqu'elle eſt méridionale, & de O vers S, lorſqu'elle eſt ſeptentrionale. On cherchera enſuite par le moyen

de l'aſcenſion droite de cette Etoile, ſon paſſage par le Méridien, dont la différence à l'heure donnée étant convertie en dégrés, donne la différence d'aſcenſion droite orientale ou occidentale, que l'on marquera en faiſant tourner l'axe juſqu'à ce que l'aiguille B O, ſe rencontre ſur le dégré de différence d'aſcenſion droite, qui doit être de O vers G, lorſque l'Etoile n'eſt pas encore arrivée au Méridien, & de O vers L, lorſqu'elle a paſſé le Méridien. Dans cet état le centre de la Lunette ſera dirigé pour l'heure donnée à l'Etoile cherchée que l'on appercevra en plein jour.

Longueur & groſſeur des piéces de bois dont cet Inſtrument eſt compoſé.

L'Arbre I A a 5 pieds de hauteur, la traverſe E F 4 pieds & demi de longueur, la piéce I M 5 pieds, les quatre piéces qui ſervent d'arc-boutans ont 2 pieds & demi de longueur : toutes ces piéces ont 5 pouces en quarré, l'axe a ſix pieds de longueur en cylindre, & deux pouces de diamétre. Fig. 10.

Pour faire connoître la juſteſſe & l'utilité de cet Inſtrument, nous allons rapporter le diſcours que M. Caſſini a fait au ſujet de l'Eclipſe de Venus par la Lune.

Ayant dirigé le 31 Décembre 1720 à trois heures après Midi, la Lunette vers Venus, dont le paſſage par le Méridien & la déclinaiſon ſont marqués dans la connoiſſance des tems, nous l'apperçûmes vers le bord obſcur de la Lune, nonobſtant que le Ciel fût couvert de nuages dans ſa plus grande partie, nous continuâmes d'obſerver ces deux Planettes par la Lunette de la Machine parallactique, en lui donnant ſon mouvement d'Orient en Occident. A 3 heures 18′ 57″ nous obſervâmes ſon immerſion dans la partie obſcure de la Lune, qui arriva en un inſtant. Nous fûmes auſſi attentifs à obſerver ſon immerſion qui parut à 3 heures 33′ 52″ du côté de la partie éclairée de la Lune. On apperçut d'abord ſur le bord de la Lune, à diſtance égale de ſes deux cornes, un point brillant qui augmenta dans l'eſpace de quelques ſecondes, enſorte qu'on la voyoit à la vûe ſimple ſur le bord éclairé de la Lunette, ce qui formoit un ſpectacle fort agréable à la vûe. On remarqua auſſi avec beaucoup d'attention, ſi du côté que Venus regardoit le bord de la Lune, il y avoit des couleurs différentes de celles qui paroiſſoient du côté oppoſé, qui puſſent être cauſées par quelqu'atmoſphere ; mais on n'en remarqua point d'autres que celles qui ſont produites par la différente ſituation de Venus dans la Lunette, ſuivant qu'elle eſt plus proche ou plus éloignée du centre, ce que l'on examina pluſieurs fois. On continua enſuite de voir Venus l'eſpace d'un quart d'heure, pendant lequel Venus s'éloigna un peu de la Lune, après quoi ces deux Planettes furent cachées le reſte du ſoir par des nuages qui ſurvinrent.

Deſcription d'un pied pour porter de grandes Lunettes ou Téleſcopes.

CE pied eſt compoſé d'un arbre de 10 à 12 pieds de hauteur, & de 6 à 8 pouces de diamétre : il eſt pointu par le bout d'en-bas pour être enfoncé en terre. Il y a deux arc-boutans de bois de la figure d'un arc, XX. Planche. Fig. 11.

qui ſe croiſent & ſont appuyés ſur terre, par leur empattement qui eſt large, les autres bouts ſont attachés avec des clous à un cercle de fer qui entoure l'arbre à un pied & demi de hauteur. Cet arbre eſt encore ſoutenu dans une ſituation perpendiculaire par quatre barres de fer qui ſont attachées à un autre cercle, qui entoure l'arbre à trois pieds de hauteur, & les autres bouts de ces barres ſont attachés avec des clous rivés aux arc-boutans.

Au haut de l'arbre eſt une poulie au moins d'un pied & demi de diamétre : cette poulie eſt ſoutenue de chaque côté par une piéce de fer aſſez forte : ces deux piéces de fer ſont percées vers le haut, qui eſt en cercle, d'un trou ſemblable à celui qui eſt au centre de la poulie, & l'on y paſſe un boulon de fer : les bouts d'en-bas de ces piéces de fer ſont auſſi percés & ſont joints à une piéce de bois forte & épaiſſe pour ſervir comme de piédeſtal ; on perce deux trous à cette piéce vis-à-vis ceux qui ſont percés au bas des deux piéces de fer, & l'on y paſſe deux boulons de fer, enſorte que la poulie ſoit bien ſoutenue & tourne librement. Il y a auſſi un gros boulon de fer qui eſt arrêté fixément au milieu de la piéce de bois qui ſert de piédeſtal, & qui entre aſſez avant dans le corps de l'arbre, enſorte que la poulie tourne par ce moyen en tous ſens.

On paſſe dans le creux de la poulie une corde qui ſupporte par un bout un plomb proportioné au poids du canal de bois dans lequel on poſe la Lunette. On voit par la figure, qu'à l'autre bout de la corde on y paſſe un anneau de fer, aſſez large & aſſez fort pour ſupporter le poids du canal & de la Lunette. Il y a une vis au milieu du cercle de fer, pour arrêter le canal à l'endroit où l'on veut. On peut faire hauſſer ou baiſſer la Lunette, à hauteur convenable, par le moyen des bouts de corde, qui ſont attachés l'un au-deſſous du plomb, & l'autre au-deſſous de l'anneau. On pourra aiſément ſe ſervir ſur ce pied d'une Lunette de plus de vingt pieds.

Le principal uſage de ces grandes Lunettes eſt pour obſerver les Aſtres, & particuliérement les Eclipſes du Soleil. On met dans le tuyau au foyer du verre objectif & de l'oculaire, un papier ſur lequel on a tracé ſix cercles concentriques, & l'on conduit la Lunette vis-à-vis le Soleil ; alors l'image de l'Eclipſe ſe repréſente ſur le papier blanc, & l'on connoît les doigts éclipſés par le moyen des cercles qui ſont tracés deſſus.

Comme cet Inſtrument eſt pour ſervir à l'air, & qu'il eſt ſujet à être expoſé à la pluie, il ſera bon d'y faire paſſer pluſieurs couches de couleur à l'huile.

Diverſes Méthodes pour décrire une Méridienne & placer un Gnomon, pour trouver l'inſtant où le centre du Soleil paſſe au Méridien, & régler une Pendule au Soleil.

CEs méthodes ſont tirées des Mémoires de Meſſieurs de la Hire, Caſſini & de Liſle, de l'Académie Royale des Sciences. Pour régler les Pendules au Soleil, on ſe ſert à l'Obſervatoire de Paris, d'un Quart de cercle arrêté au centre du Méridien. Au centre de cet Inſtrument eſt attachée une régle qui porte une Lunette, dans laquelle eſt un fil paralléle au plan du Quart de cercle ; ce qui fait que la régle gliſſant ſur le limbe du Quart de cercle, le fil dont on vient de parler, décrit dans le Ciel le

plan du Méridien, ce que l'on reconnoît en obſervant le paſſage des Aſtres par les différens points du Quart de cercle, en même tems que l'on a déterminé par les hauteurs correſpondantes à quelle heure de la Pendule ces Aſtres doivent paſſer au Méridien. Au défaut de cet Inſtrument (que tout le monde ne peut pas avoir, non plus qu'un lieu propre pour s'en ſervir) on régle les Pendules au Soleil par le moyen des hauteurs correſpondantes ou égales du Soleil, leſquelles étant priſes avec un Quart de cercle de médiocre grandeur, donnent l'heure du paſſage du Soleil par le Méridien, auſſi axactement que ſi on l'avoit obſervé avec un Quart de cercle placé dans le mur. Deux ou trois heures avant midi on obſerve la hauteur du Soleil, en marquant exactement le tems de l'Obſervation, par le moyen d'une Pendule à ſecondes bien réglée; ce qu'on répéte le même jour après midi, le Soleil étant parvenu à la même hauteur. Il eſt clair que ſi au tems de l'Obſervation du matin on ajoûte la moitié du tems écoulé entre les Obſervations correſpondantes, on aura l'inſtant où le centre du Soleil a paſſé par le Méridien. Mais il faut chaque jour que l'on veut avoir cet inſtant, répéter ces Obſervations correſpondantes, ce qui eſt fort long & ſur tout hors le tems des Solſtices, où la déclinaiſon du Soleil changeant ſenſiblement du matin au ſoir, il eſt beſoin pour corriger cette différence, d'une opération un peu difficile; car il eſt aſſez rare que le Ciel ſoit découvert le matin & l'après-midi, au lieu qu'il eſt plus ordinaire de le trouver découvert à midi. C'eſt pour cela que ceux qui veulent mettre leurs Pendules au Soleil le plus ſouvent qu'il leur eſt poſſible, tracent des Méridiennes & élévent des Gnomons, leſquels étant faits avec ſoin, peuvent donner aſſez de préciſions pour les Obſervations aſtronomiques.

Par le nom de Gnomon, on n'entend d'abord autre choſe qu'un ſtyle élevé perpendiculairement ſur un plan horiſontal. Mais comme la pénombre du bout du ſtyle, s'il étoit en plein air & ſans abri, empêcheroit d'avoir la détermination exacte de l'ombre vraie, à ce bout de ſtyle on a ſubſtitué un trou rond percé au haut de la muraille, ou à la voute d'une chambre obſcure, de maniére que l'image lumineuſe du Soleil paſſant par ce trou, on ait ſur le Plan oppoſé un point qui réponde au centre du trou. Mais pour avoir cette image la plus ſenſible, & en même tems la plus diſtincte qu'il eſt poſſible, il faut obſerver que le trou doit être fait à une piéce de cuivre ou de fer ſcellée horiſontalement à l'endroit qu'on aura trouvé le plus commode; que l'endroit du plancher qui reçoit l'image ſoit blanchi & bien de niveau, que le trou ne ſoit ni trop grand ni trop petit, mais à peu près de la milliéme partie de la hauteur du Gnomon, comme il a été obſervé dans le grand Gnomon de Bologne, laquelle hauteur eſt proprement la ligne perpendiculaire tirée du centre du trou ſur le plancher, & dont le point de rencontre avec le plancher devient le pied du Gnomon, par lequel doit paſſer la ligne méridienne, de la maniére que nous allons expliquer.

Au tems des Solſtices, décrivez par une obſervation continue la voie du centre du Soleil ſur le plancher; enſuite tracez un cercle dont le pied du Gnomon ſoit le centre & ait pour rayon ou Demi-diamétre une longueur telle que le cercle rencontre la voie du centre du Soleil aux deux points les plus éloignés entre eux: ſi vous coupez en deux parties égales l'arc compris entre ces deux points de rencontre, la ligne tirée par ce point

milieu & par le pied du Gnomon ſera la ligne méridienne. Cette méthode eſt la plus ſimple & des plus faciles à entendre ; il faut ſeulement faire quelques obſervations par rapport à la voie du Soleil.

On appelle *voie du centre du Soleil*, ou *cône de lumière* celle qui eſt décrite ſur le plancher, par le rayon qui part du centre du Soleil, & qui paſſe par le milieu du trou du Gnomon. Mais pour avoir le point milieu de cette voie, il faut d'abord tracer une ligne autour de l'image apparente du Soleil ; & comme cette ligne eſt à peu près elliptique, du pied du Gnomon comme centre, il faut décrire un arc de cercle qui ſoit renfermé dans l'image. Il eſt conſtant que la ligne droite tirée par le pied du Gnomon & le milieu de cet arc, ſera le diamétre de l'image. Il eſt conſtant encore, que ſi des deux extrémités de ce diamétre on retranche une portion égale au demi-diamétre du trou, & qu'on diviſe enſuite le reſte à raiſon des rayons qui tombent du centre du trou ſur les extrémités de ce reſte, le point de diviſion ſera celui de la voie du centre du Soleil, & l'endroit où doit paſſer la ligne Méridienne. La figure 12 repréſente aſſez ce qui vient d'être dit, pour mettre au fait ceux qui voudront faire cette opération.

XX. Planche. Fig. 11.

Il y auroit encore un moyen très-ſimple & très-commode d'avoir la ligne Méridienne, ſi l'on étoit ſûr d'avoir un Cadran ſolaire, ou une pendule bien juſte ; ce ſeroit dans l'inſtant qu'il eſt midi à cette pendule ou ſur ce cadran, de tracer ſur le plancher l'image apparente du Soleil, ou ſeulement ſa largeur par rapport au pied du Gnomon. Il eſt certain que la ligne tirée du pied du Gnomon, & par le point milieu de cette largeur, ſeroit la ligne Méridienne, laquelle étant trouvée, il ne reſte plus qu'à la diviſer, ainſi que la hauteur du Gnomon, en petites parties de quelque meſure connue, comme ſont les lignes du pied de Paris, dont on marquera le nombre, en commençant du pied du Gnomon.

Ce Gnomon ainſi préparé, l'uſage en eſt très-facile pour les obſervations aſtronomiques. Ainſi, pour obſerver la hauteur méridienne du Soleil, il ne faut, lorſque le diamétre de ſon image ſera dans la ligne méridienne du Gnomon, que marquer exactement les extrémités de ce diamétre, & chercher enſuite par la méthode que nous venons de donner, le point qui répond au centre du Soleil ; d'où comptant les parties qui ſe trouveront juſqu'au pied du Gnomon, faites un triangle rectangle, dont le côté ſoit égal aux parties trouvées ſur la ligne méridienne, & l'autre à la hauteur du Gnomon ; alors vous aurez par la Trigonométrie l'angle oppoſé à la hauteur du Gnomon, qui ſera la hauteur apparente du centre du Soleil ſur l'Horiſon.

Il faut cependant prendre garde que la lame du trou du Gnomon, quand elle eſt échauffée, brouille tellement l'air qui l'environne, que l'image du Soleil en devient très-incertaine, & d'autant plus, que la hauteur du Gnomon eſt grande ; mais pour remédier à cet inconvénient, il ne faut qu'avoir la précaution de tenir toujours cette lame couverte, hors le tems des obſervations. Telle eſt la conſtruction & l'uſage du Gnomon ordinaire que M. de la Hire a donnée dans ſes Tables aſtronomiques.

Mais M. de Liſle dans le Gnomon qu'il avoit fait pour ſon uſage, au lieu d'une ligne méridienne tracée ſur le plancher, ſe ſert d'un fil très-fin & très-uni, tel que ſont pluſieurs cheveux noués les uns au bout des autres, lequel fil il place très-exactement & tout entier dans le plan du Méridien,

&

& à une hauteur convenable pour recevoir dessous l'image du Soleil sur un papier blanc, & faire ses opérations. L'avantage de ce Gnomon particulier, comme il l'a montré dans un Mémoire qu'il a donné à l'Académie des Sciences, est de rendre l'image du Soleil plus certaine & plus distincte, ce qui est en effet le point principal du Gnomon.

Description d'un Instrument pour prendre la hauteur du Soleil, & pour servir à décrire la Méridienne.

LA Méridienne décrite par la comparaison du lever & du coucher du Soleil aux jours des Solstices, est une des plus simples & des plus exactes que l'on puisse exécuter, lorsque la circonférence de l'Horison est régulière; mais parce que dans le Continent on n'a pas toujours l'Horison libre, à cause des hauteurs ou des montagnes qui s'élévent sur la surface de la terre, on est obligé de se servir souvent de l'Horison artificiel, qui corrige l'Horison sensible. On suppose que la surface de l'eau se conforme naturellement par sa fluidité à celle que la terre auroit sans ses inégalités, & que le fil à plomb y est perpendiculaire & dirigé au point vertical du Ciel. La surface de l'eau tranquille, de même que celle d'un Plan auquel un fil à plomb est perpendiculaire, est donc censée être horisontale, & l'on s'en sert comme d'un Horison artificiel, à l'égard duquel on prend les hauteurs apparentes des Astres.

On éléve sur un cercle horisontal un Quart de cercle vertical, dont le centre est le même que celui du cercle horisontal. On divise ce cercle en 4 fois 90 dégrés, & ce Quart de cercle en 90 dégrés, pour observer les hauteurs apparentes du Soleil & des autres Astres sur l'Horison & leurs distances au Zénith, qui est le point vertical également éloigné de tous les points de l'Horison artificiel. Le Quart de cercle étant élevé à plomb sur la Méridienne, sert à prendre les hauteurs méridiennes du Soleil & des autres Astres. Dans une autre situation déclinante de la Méridienne sa base marque la déclinaison de la Méridienne sur la circonférence de l'Horison artificiel divisée en dégrés, de même que le Quart de cercle. Il est bon de dire ici que plus cet Instrument sera grand, & plus il aura de justesse, afin de le pouvoir diviser en minutes par transversales au moins de 10, ou de 5 en 5 minutes. XX. Planche Fig. 1.

On peut par le moyen de cet Instrument, dont la description est tirées des Mémoires de M. Cassini, trouver la Méridienne, en observant des hauteurs égales du Soleil avant & après midi les jours des Solstices, & marquant en même tems la situation des deux verticaux sur le cercle horisontal. Car divisant l'arc de l'Horison artificiel compris entre les deux verticaux en deux parties égales, le point de la division sera le point horisontal du midi exactement aux jours des Solstices. A l'égard des autres jours de l'année, il faut tenir compte d'une petite équation qui varie en divers tems, suivant les régles connues des Astronômes, & on aura la Méridienne aussi exactement qu'aux jours des Solstices, en prenant des hauteurs égales du Soleil deux ou trois heures avant & après midi, lorsque les hauteurs varient sensiblement en peu de tems.

M. Cassini dit que pour trouver la Méridienne dans les Temples & les Maisons, on se sert de la lumiére du Soleil que l'on fait entrer par une

ouverture ronde, par laquelle paſſent les rayons du Soleil qui ſe terminent au Plan horiſontal, & y forment l'image du Soleil. La trace que cette image décrit par ſon mouvement repréſente celle que le Soleil parcourt dans le Ciel. En ſuivant pendant quelque tems aux jours des Solſtices la trace du bord Septentrional, & celle du bord Méridional du Soleil, & la marquant ſur le pavé horiſontal une ou deux heures avant & après midi, on trouve dans cette trace deux points également éloignés du point, où la perpendiculaire tirée du centre de l'ouverture, tombe ſur le Plan horiſontal, l'un avant & l'autre après midi. Ayant diviſé l'intervalle, qui eſt entre ces deux points en deux parties égales, on tire par le point de diviſion & par le point vertical une ligne droite qui eſt la Méridienne.

C'eſt par cette Méthode que feu M. Caſſini le pere traça la ligne Méridienne de ſaint Pétrone de Bologne, dont la longueur eſt de 21 pieds, qui fut examinée quarante ans après ſur d'autres Méthodes très-certaines, & qui fut trouvée préciſément dans la même direction, ce qui s'accorde avec l'hypotheſe la plus communément reçue, qui eſt que la Méridienne ne change point de ſituation ſur la ſurface de la terre.

Meſſieurs Bianchini & Maraldi ont tracé depuis par ordre du Pape, dans l'Egliſe des Chartreux de Rome, une Méridienne ſemblable pour y faire les obſervations des Equinoxes, & s'en ſervir pour régler le Calendrier Eccléſiaſtique.

CHAPITRE III.

De la conſtruction & uſages de différens Micométres.

L'Utilité du Micrométre dans la pratique de l'Aſtronomie a fait imaginer différentes maniéres de le conſtruire, pour en rendre l'uſage & plus facile & plus univerſel. C'eſt par le moyen de cet Inſtrument, que l'on a déterminé exactement les excentricités du Soleil & de la Lune, en comparant leurs diamétres apparents dans tout leur cours. Il ſert pareillement à meſurer les diamétres des Aſtres & les moindres diſtances qui ne ſurpaſſent point un dégré ou un dégré & demi, comme auſſi à obſerver facilement les Eclipſes de Soleil & de Lune.

Nous commencerons par celui qui eſt décrit dans les Tables aſtronomiques de M. de la Hire, auquel j'ai fait quelque changement pour le rendre plus commode, en faiſant que l'*index* qui marque les tours de la vis, ne ſoit pas au haut du collet de ladite vis, mais qu'il ſoit toujours appliqué ſur la plaque ronde, qui eſt diviſée pour marquer les diſtances, comme nous dirons ci-après.

XXI. Planche. Fig. 1. Cet Inſtrument eſt compoſé de deux cadres rectangles, dont celui ABCD, qui eſt le plus grand & qui contient celui dont on va parler ci-après, a ordinairement quatre pouces & demi de long, & deux pouces & demi de large. Les côtés AB, CD, ſont diviſés en parties égales, & éloignées entre elles d'environ quatre lignes, car c'eſt ſuivant les tours de vis, comme nous dirons ci-après; mais de telle ſorte que les lignes tirées par chaque diviſion, ſoient perpendiculaires aux côtés AB, CD. Il faut que ces lignes

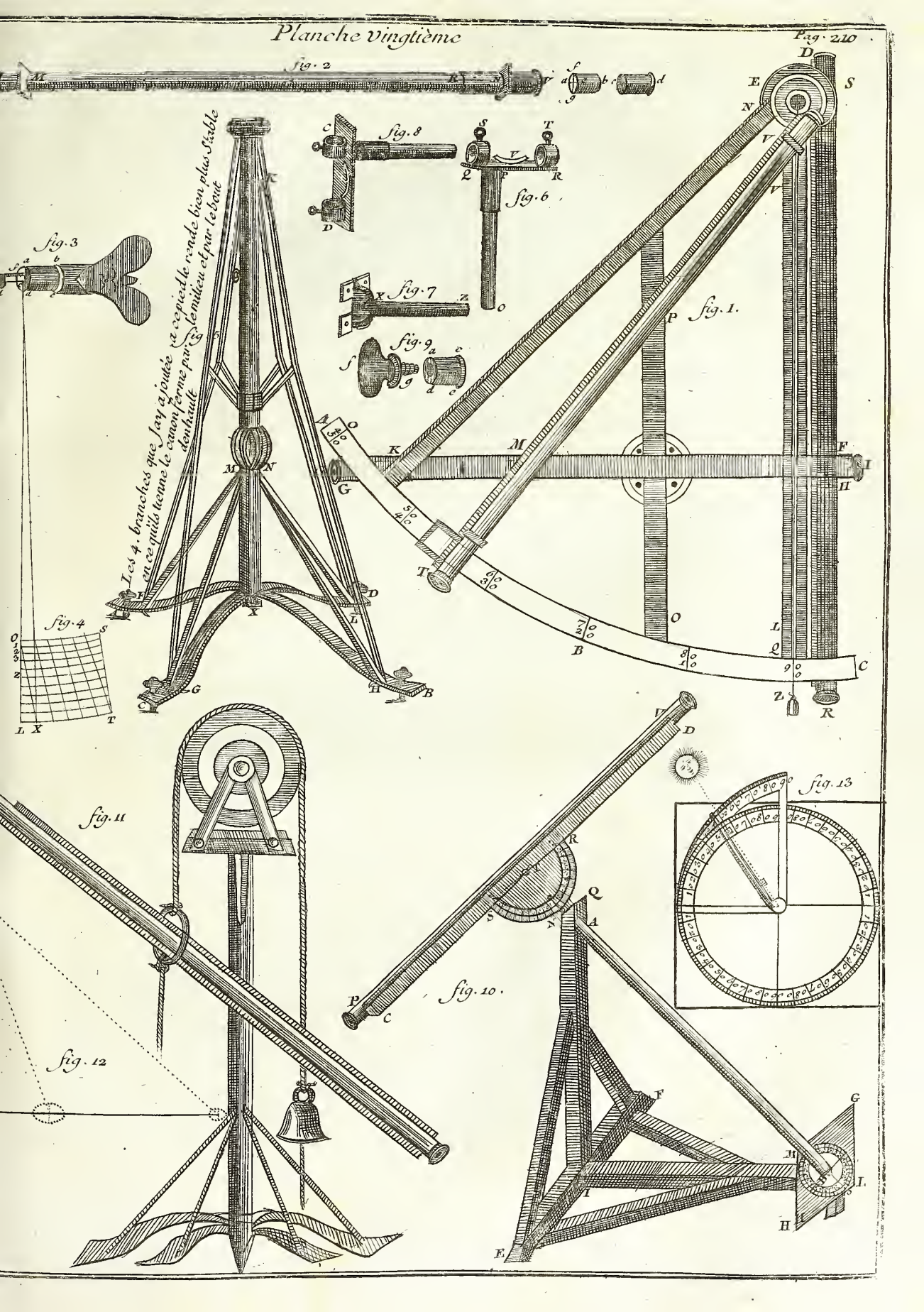


Planche vingtième
Pag. 210
fig. 1.
fig. 2
fig. 3
fig. 4
fig. 6
fig. 7
fig. 8
fig. 9
fig. 10.
fig. 11
fig. 12
fig. 13
Les 4. branches que J'ay ajoutée a ce pied le rende bien plus stable en ce qu'ils tienne le canon ferme par le milieu et par le bout den hault

ſoient bien fines & bien profondes, afin que les fils de ſoie que l'on applique à ces diviſions ſoient comme enſévelis au fond des lignes, & bien tendus & retenus avec de la cire qu'on y attache aux endroits marqués 2.

L'autre cadre E F G H (dont la longueur E F n'eſt que de deux pouces & demi) s'ajuſte de telle maniére dans le premier cadre, que les côtés E F, G H de ce petit cadre-ci, peuvent ſe mouvoir juſte au long des côtés A B, C D, du grand cadre, ce qui ſe fait en les aſſemblant en queue d'aronde ou biſeau & à couliſſe. La face de ce ſecond cadre, qui regarde la face diviſée du premier, eſt auſſi garnie d'un fil de ſoie fort délié, tendu à l'endroit marqué 4, lequel dans le mouvement du cadre demeure toujours paralléle aux fils du premier cadre, en les approchant de fort près au-deſſus l'un de l'autre, ſans pourtant ſe toucher. On place au milieu du côté B D, qui eſt renfoncé en cet endroit, une vis marquée I, dont le cylindre (qui doit avoir environ trois lignes de diamétre) eſt taraudé d'un pas fin : cette vis n'eſt pas taraudée par le bout d'en haut, on y fait un collet ſur le tour d'environ ſix lignes de hauteur, & on y réſerve un cercle excédant au bas dudit collet d'environ une ligne & demie. On paſſe ce collet dans le trou du milieu du grand cadre qui doit être juſte de la groſſeur du collet. Au-deſſus de la plaque ronde diviſée on lime le collet quarrément pour y mettre l'*index* M, & un écrou à oreilles marqué O. Au-deſſus de cet écrou on taraude le reſtant du collet d'une vis, pour y mettre un petit écrou, afin de pouvoir tout démonter, & contenir le tout bien ferme ; enſuite on fait entrer le bout d'en-bas de la vis dans le trou du petit cadre qui eſt taraudé, & qui eſt auſſi renforcé en cet endroit ; alors les choſes étant en cet état en tournant l'écrou à oreilles, on fera tourner l'*index* ſur la plaque dont nous allons parler, puis la vis I ; & par ce moyen on fera deſcendre ou remonter le petit cadre, & par conſéquent le fil de ſoie qui y eſt attaché à l'endroit marqué 4.

On attache la plaque ronde avec deux vis ſur l'épaiſſeur du grand cadre aux endroits marqués N. On la diviſe ordinairement en 60 ou en 100 parties égales, qui ſervent à compter les tours de la vis, dans les uſages qu'on en fait, & ce par le moyen de l'*index* M, qui dans cette conſtruction tourne toujours avec la vis ſur la plaque ronde. La diviſion des côtés du cadre A B C D, ſe fait ſuivant la groſſeur du pas de ladite vis. Car ſi l'on veut que les diviſions ſoient éloignées l'une de l'autre comme de 10 tours de vis, on fait faire 10 tours à ladite vis, & on l'remarque combien le petit cadre a fait de chemin ; ſi c'eſt quatre lignes on fait les diviſions diſtantes l'une de l'autre de quatre lignes, & on place les filets bien juſte deſſus.

On met aſſez ſouvent un Micrométre à la Lunette fixe des Quarts de cercles qu'on ajuſte au foyer de l'objectif & de l'oculaire, alors les filets placés ordinairement à ladite Lunette, ſont en diagonale, afin de ne pas faire de confuſion avec ceux du Micrométre qui ſont paralléles. On n'en met que deux, l'un ſur le petit cadre, & l'autre ſur le grand ; & comme on a de la peine à voir les tours de vis qu'on a fait ſur la plaque ronde lorſque la Lunette eſt haute, on fait une diviſion au milieu du côté du Micrométre, qui eſt de 50 parties égales d'un côté, & 50 parties de l'autre, c'eſt-à-dire, 50 parties en montant, & 50 parties en deſcendant. Il y a un petit *index* qui coule au long d'une ouverture, & qui hauſſe & baiſſe, ſuivant les tours qu'on fait faire à la vis, par le moyen d'une roue dentée

qu'on peut faire autour du cercle excédant qui eſt au bas du collet de la vis. On peut encore ajuſter un pignon qui engrene dans ladite roue, à l'axe duquel il y ait une vis ſans fin dans laquelle ſera engagé l'*Index* qui coule le long de la diviſion : alors ladite vis ſans fin le fera deſcendre ou monter ſuivant les tours qu'on fera faire à la vis I.

Pour obvier aux changemens qui arrivent facilement aux fils de ſoie par la chaleur ou autrement, Mr de la Hire propoſe une choſe fort commode, c'eſt de placer au lieu de ſoie une plaque de verre blanc, ou un morceau de glace mince, bien uni, qu'on ajuſte dans une rainure faite au long du cadre. On trace ſur ce verre des traits paralléles & très-déliés qui font le même effet que la ſoie. Toute la difficulté conſiſte à tracer ces lignes bien délicatement, & à choiſir une glace bien nette & bien polie, car les défauts ſe groſſiſſent extrêmement quand on les voit dans les Lunettes. On ſe ſert d'un petit diamant, dont la pointe ſoit fort fine, pour tracer très-légérement ſur le verre ces lignes. La figure 1re de la planche 21, fait aſſez connoître la conſtruction de ce Micrométre, qui eſt fort commode pour tous les uſages que nous allons expliquer.

Toute la Machine ſe joint aux grandes Lunettes à obſerver, par le moyen des piéces marquées L, qui débordent le cadre & qui entrent à couliſſe dans une eſpéce de boëte de fer blanc parallélogramme, aux deux côtés de laquelle il y a deux ouvertures circulaires où ſont ſoudés deux bouts de tuyau, l'un pour recevoir d'un côté le tuyau qui porte le verre oculaire, & l'autre pour recevoir le tuyau qui porte le verre objectif, de maniére que le Micrométre doit être placé juſte au foyer de ce verre.

Uſages du Micrométre.

IL ſe fait au foyer de la lentille ou du verre objectif une vive repréſentation des objets au point où ſont poſés les fils du Micrométre. C'eſt pourquoi ſi l'on ajoûte au-devant du Micrométre la lentille oculaire qui en ſoit plus ou moins éloignée de l'étendue de ſon foyer, ſelon la nature & conſtitution des yeux de l'Obſervateur, les objets & les fils de ſoie y paroîtront diſtinctement.

Si donc on meſure en lignes ou 12mes de pouce la longueur du foyer de la lentille objective, ou ce qui eſt la même choſe, la diſtance depuis le milieu de l'épaiſſeur de ladite lentille juſqu'aux fils de ſoie du Micrométre, cette longueur ſera à la diſtance de 4 lignes, qui font l'intervalle des fils, comme le rayon ou Sinus total à la Tangente de l'angle compris entre les fils paralléles, ce qui eſt évident par la Dioptrique. Car nous ſuppoſons que la diſtance entre l'objet & l'œil de l'Obſervateur eſt ſi grande, que la longueur du foyer de la lentille n'eſt d'aucune conſéquence à l'égard de cette diſtance ; de ſorte que les rayons qui partent des points de l'objet paſſent directement par le centre de la lentille juſqu'aux fils, ni plus ni moins que ſi l'œil de l'Obſervateur étoit placé dans la lentille objective même. L'expérience pourra nous confirmer cette invention, & nous ſervir à trouver la même choſe.

Tirez ſur une petite table blanche & bien unie deux lignes droites noires & paralléles entre elles, dont l'intervalle ſoit tel que d'environ 2 ou 300 toiſes, elles ſoient contenues entre deux fils paralléles du Micrométre ; éloignez dans un lieu commode & pendant un tems ſerein, ſans agita-

tion ſenſible de l'air, la table de la Lunette du Micrométre, juſqu'à ce que les lignes de ladite table (qui doit être perpendiculaire à la ligne droite tirée de ladite table au Micrométre) ſoient cachées par les fils paralléles dudit Micrométre; pour lors la diſtance entre la table & le verre objectif du Micrométre ſera en même raiſon à l'intervalle des lignes de la table, comme le Sinus total à la Tangente de l'angle compris entre deux fils paralléles du Micrométre.

Faites enſuite mouvoir le cadre E F G H par le moyen de la vis, juſqu'à ce que ſon fil de ſoie convienne exactement à un des fils paralléles de l'autre cadre, & remarquez la ſituation de l'*Index* de la vis; faites-la tourner juſqu'à ce que le même fil du cadre E F G H convienne avec le fil prochain de l'autre cadre, ou ce qui eſt la même choſe, faites mouvoir le cadre E F G H par l'eſpace de quatre lignes ou d'un tiers de pouce, ce qui ſe connoîtra facilement par le moyen de la lentille ou verre oculaire de la Lunette, laquelle multiplie les objets, & comptez les tours de la vis & les parties d'une révolution qui conviennent à l'intervalle des fils. Conſtruiſez enfin une Table des révolutions de la vis & de ſes parties qui conviennent à chaque minute & à chaque ſeconde, ayant, comme nous venons de dire, connu l'angle qui convient à l'intervalle entier. XXI. *Planche.* Fig. 1.

Lorſque vous voudrez obſerver le diamétre d'une Planéte, dirigez vers elle la Lunette de longue vûe & ſon Micrométre, diſpoſez les fils par le mouvement de la Lunette, de façon qu'un bord de l'Aſtre atteigne un des fils paralléles immobiles, & tournez l'écrou ou la vis juſqu'à ce que le fil mobile joigne l'autre bord de la Planéte. Il eſt évident que l'on connoîtra le diamétre de la Planéte par la diſtance connue entre les fils du Micrométre qui contiennent la Planete.

Nous avons dit qu'il y a un *Index* au-deſſus de la plaque ronde, lequel marque ſur le bord d'un cercle diviſé en 60 ou 100 parties égales les fractions d'une révolution entiére dudit écrou.

Cette Méthode eſt commode pour meſurer les diamétres apparens des Planétes, ſi le corps de la Planéte ſe meut entre deux fils paralléles. Cependant il faut remarquer qu'à l'égard du Soleil & de la Lune leurs diamétres paroiſſent fort inégaux à cauſe des Réfractions. Dans les moindres élévations ſur l'horiſon par l'eſpace de 30 minutes, le diamétre vertical paroît un peu moindre qu'il n'eſt en effet aux environs de l'Horiſon, & le diamétre horiſontal ne ſe peut reconnoître qu'avec bien de la peine, & par des obſervations pluſieurs fois répétées, non plus que la diſtance entre deux Aſtres ou entre les cornes de la Lune, à cauſe de ſon mouvement diurne qui paroît fort vîte par le Téleſcope ou Lunette.

Par la même méthode on peut obſerver ſur la Terre les petites diſtances, & plus facilement que les Corps céleſtes, à cauſe de l'immobilité de l'objet.

Si les deux Aſtres paſſent par le même Méridien à différentes hauteurs & en différens tems, la différence de leur hauteur donne le différent éloignement où ils ſont de l'Equateur vers l'un ou vers l'autre Pôle, ce qu'on appelle leur différence de déclinaiſon, & l'on voit par la différence du tems où ils viennent au Méridien, le différent éloignement où ils ſont d'un point déterminé de l'Equateur qui eſt le premier dégré d'*Aries*, c'eſt-à-dire, qu'on a leur différence en Aſcenſion droite.

Si les deux Aſtres ſont éloignés l'un de l'autre, on a dans l'intervalle de leur paſſage par le Méridien & par le Micrométre, aſſez de loiſir pour avoir entiérement fini les opérations qui regardent le premier avant que d'aller au ſecond ; mais s'ils ſont fort proches l'un de l'autre, il eſt très-difficile de faire en même tems les deux obſervations, outre que l'on ne peut pas toujours prendre les deux Aſtres aſſez préciſément dans le Méridien.

Mr de la Hire donne le moyen de remédier à cet inconvénient, en ne ſe ſervant que du Micrométre ordinaire. La ſeule obſervation du paſſage des Aſtres entre les filets, ou ſur les filets du Micrométre, donnera par des conſéquences faciles la différence de déclinaiſon & d'Aſcenſion droite, ſans ſuppoſer même aucun Méridien connu ni tracé.

Que ſi l'on veut avoir la différence de déclinaiſon & d'Aſcenſion droite de deux Aſtres, qui ne peuvent pas être compris entre les fils du Micrométre, on pourra la trouver par la méthode ſuivante.

Nous ajuſtons au Micrométre un fil de ſoie, que l'on appelle tranſverſal, parce qu'il coupe à angles droits les fils paralléles ; on l'attache avec de la cire au milieu des côtés A C, B D. Ayant donc affermi la Lunette & le Micrométre en telle poſition que l'on juge à propos, pourvû que les Aſtres que l'on veut obſerver puiſſent paſſer l'un après l'autre par les fils croiſés, comme on voit en la figure 2, les Aſtres A & S, on obſervera par le moyen d'une pendule à ſecondes les tems que le premier Aſtre A touchera
Fig. 2. le point où le fil tranſverſal A S croiſera quelqu'un des fils paralléles, comme A D. Le Micrométre étant diſpoſé pour cette obſervation, ce qui n'eſt d'aucune difficulté, on comptera les ſecondes de tems qui s'écouleront entre l'obſervation faite au point A, & l'arrivée du même Aſtre au point B, à la rencontre d'un autre fil paralléle B D. Nous obſerverons de même le tems que l'autre Aſtre S rencontrera le fil tranſverſal au point S, & enſuite au point D du fil paralléle B D.

Ce ſera la même choſe ſi l'Aſtre S rencontre premiérement le fil paralléle en D, & enſuite le fil tranſverſal en S.

Comme le nombre des ſecondes de tems qu'employe le mouvement de l'Aſtre A par l'eſpace A B, eſt au nombre des ſecondes du mouvement de l'Aſtre S par l'eſpace S D ; ainſi la diſtance A C (laquelle eſt connue en minutes & ſecondes de dégré dans le Micrométre) eſt à la diſtance C S en même eſpéce de minutes & ſecondes.

Mais il faut convertir les ſecondes horaires du mouvement par l'eſpace A B, en minutes & ſecondes de grand cercle, tels que ſont ceux de la diſtance C A au Micrométre, ce qui ſe fait par la régle ordinaire de proportion.

Ayant d'abord converti les ſecondes de tems du mouvement d'A en B (que nous regardons ici comme une ligne droite, ou comme un arc de grand cercle) en minutes & ſecondes de cercle, en prenant 15 minutes de cercle pour chaque minute d'heure, & de même des ſecondes, on dira enſuite par une régle de proportion : Comme le Rayon ou Sinus total eſt au Sinus de complément de la déclinaiſon connue de l'Aſtre ; ainſi le nombre pareillement connu des ſecondes de l'arc A B eſt au nombre des ſecondes de la même eſpéce contenues en C A, comme arc de grand cercle.

De plus au Triangle rectangle & rectiligne C A B, les côtés C A, A B étant donnés avec l'angle droit en C, nous trouverons l'angle C A B ; &

ſuppoſant la perpendiculaire C P R du point C ſur A B, A B ſera à C A, comme C A eſt à A P.

Mais au Triangle rectangle C A P, outre l'angle droit nous avons l'angle A avec le côté C A, c'eſt pourquoi comme le Rayon ou Sinus total eſt à C A, ainſi le Sinus de l'angle C A P eſt à C P; & comme le nombre des ſecondes horaires du mouvement d'A en B eſt au nombre des ſecondes horaires du mouvement d'S en E, ainſi C P eſt à C R. Donc en ôtant C R de C P, ou bien les ajoûtant enſemble, ſi A B & S E ſont de l'un & l'autre côté du point C, nous aurons la valeur de P R en parties de grand cercle, qui fera la différence de déclinaiſon de l'un & de l'autre Aſtre obſervé. Nous n'avons aucun égard à la différence du mouvement par les eſpaces A B & S E cauſée par la différence de déclinaiſon, parce qu'elle n'eſt d'aucune conſéquence dans les différences de déclinaiſon, telles qu'on peut les obſerver par le Micrométre.

Enfin, comme A B eſt à A P, ainſi le nombre des ſecondes horaires du mouvement de l'Aſtre A obſervé par l'eſpace A B, eſt au nombre des ſecondes du mouvement du même Aſtre par l'eſpace A P. On connoîtra donc le tems que l'Aſtre A parvient en P. Mais comme le nombre des ſecondes horaires par l'eſpace A B eſt au nombre des ſecondes horaires par l'eſpace S E; ainſi le nombre des ſecondes horaires par l'eſpace A P eſt au nombre des ſecondes horaires par S R. On connoît de plus le tems que l'Aſtre S eſt parvenu en S, à quoi l'on ajoûte le tems par S R, ſi les rencontres A & S ſont du même côté du point C; ſinon il faut ſouſtraire le tems par S R du tems de l'Obſervation en S, pour avoir le tems que l'Aſtre S eſt parvenu en R. Or la différence de l'arrivée des Aſtres en P & R, c'eſt-à-dire, à un même cercle Méridien, ſera leur différence d'Aſcenſion droite, laquelle ſe pourra réduire en dégrés & minutes par les régles de proportion. Il faut remarquer que nous n'avons ici aucun égard au mouvement propre des Aſtres, pour la différence du tems entre leur rencontre ſur le Méridien C P.

De cette méthode il eſt facile de reconnoître comment, au lieu du fil paralléle C B D, on peut ſe ſervir d'un autre paralléle qui paſſe par A, ou de tout autre, comme auſſi du paralléle mobile, pourvû qu'il s'y forme des Triangles ſemblables, ce qui s'entend par ce que nous avons dit ci-devant.

Nous pouvons encore faire la même choſe par une autre méthode. Car ayant diſpoſé les fils paralléles de maniére que le mouvement du premier Aſtre ſe faſſe ſur un deſdits fils; on marque le tems auquel le même Aſtre rencontre le fil tranſverſal: on obſerve de même le tems que l'autre Aſtre arrive au même fil tranſverſal; ſi cependant on ajuſte le fil paralléle mobile au ſecond Aſtre, ſans changer aucunement le Micrométre, on trouvera par le moyen de la diſtance des fils paralléles dudit Micrométre, la diſtance entre les paralléles de l'Equateur qui paſſent par les lieux deſdits Aſtres, qui eſt la différence de leur déclinaiſon. Et ſi la différence du tems entre le paſſage de l'un & de l'autre Aſtre par le fil tranſverſal eſt convertie en minutes & ſecondes de dégrés, on aura leur différence Aſcenſionnelle, ce qui n'a pas beſoin d'exemple.

Mais ſi l'on cherche la même choſe entre quelqu'Aſtre & la Lune ou le Soleil, comme Mercure paſſant ſous le diſque du Soleil, il faut premierement placer le Micrométre de telle ſorte que le bord du Soleil parcoure un des fils paralléles, enſuite obſerver le tems que les bords du Soleil & le

centre de Mercure toucheront le fil transversal, & par ce tems on connoîtra la différence de déclinaison entre Mercure & le bord du Soleil par le moyen du fil parallèle mobile, le Micromètre demeurant immobile.

Si au tems de l'observation du premier bord du Soleil on ajoûte la moitié du tems écoulé entre les passages de l'un & de l'autre bord, on aura le tems du passage du centre du Soleil par le même fil transversal : & par ce moyen on aura la différence du tems entre le passage du centre du Soleil & de Mercure par le fil transversal, c'est-à-dire, par le cercle Méridien. Cette différence de tems étant convertie en dégrés & minutes donnera la différence de leur Ascension droite.

De plus, comme le centre du Soleil est dans l'Ecliptique, si dans le même tems que ce centre passera par le fil transversal, vous cherchez dans la Table faite exprès l'angle de l'Ecliptique avec le cercle Méridien (nous supposons que vous connoissez le vrai lieu du Soleil) vous aurez aussi l'angle que fait l'Ecliptique avec le parallèle du Soleil, ainsi que l'angle O C R de l'Ecliptique O C B, & du parallèle de l'Equateur R C, alors P C sera le Méridien, Mercure sera en M, & le centre du Soleil en C. Soit M R parallèle à P C, & C R la différence d'Ascension droite entre le centre du Soleil C & Mercure M. Mais les minutes de différence d'Ascension droite C R dans le parallèle, étant réduites en minutes de grand cercle, faites une régle de proportion, en disant : Comme le Rayon ou Sinus total est au Sinus de complément de la déclinaison du Soleil ou Mercure, ainsi le nombre des secondes de la différence d'Ascension droite est au nombre des secondes C R comme portion de grand cercle. Pour lors au Triangle C R T, rectangle en R, vous avez le côté C R que vous venez de trouver avec l'angle R C T qui sont la différence entre l'angle droit & l'angle de l'Ecliptique avec le Méridien; c'est pourquoi vous trouverez l'Hypotenuse C T, & le côté R T. Mais si vous ôtez R T de M R, qui est la différence de déclinaison de Mercure en M & du centre du Soleil C, il ne restera que T M. Vous direz ensuite par la régle de proportion : Comme C T est à T R, ainsi T M est à T O. Et comme C T est à C R, ainsi T M est à M O. Alors M O sera la latitude de Mercure au tems de l'observation. Mais ajoûtant T O au côté C T, vous aurez C O pour différence de longitude entre Mercure & le centre du Soleil. C'est pourquoi connoissant la longitude du Soleil, vous trouverez celle de Mercure.

Fig. 3.

Si deux ou trois heures après la premiére observation de Mercure en M, vous observez encore une fois la différence de déclinaison & d'Ascension droite de Mercure avancé en N, vous trouverez comme ci-devant la latitude de Mercure N Q, & C Q différence de longitude du centre du Soleil C, & par ce moyen vous trouverez le lieu du nœud apparent de Mercure. Mais il faut remarquer que le point de rencontre A dans la droite M N, avec l'Ecliptique C B, n'est point le lieu dudit nœud, eu égard au point C, parce qu'entre les observations faites aux points M & N, le Soleil par son mouvement propre s'est avancé de quelques minutes, selon l'ordre des signes, à quoi cependant on n'a pas d'égard dans les observations. C'est pourquoi vous direz par la régle de proportion : Comme la différence des latitudes M O, N Q est à O Q (moins le mouvement propre du Soleil, entre les observations faites en M & N) ainsi M O est à la distance O A, d'où vous trouverez la vraie distance C A du centre du Soleil C au nœud de

Mercure

Mercure A. Il faut ôter de O Q le mouvement propre du Soleil entre les observations, parce que pendant ce tems-là Mercure est rétrograde. Mais si son mouvement étoit direct, il faudroit ajoûter le mouvement du Soleil à la droite O Q.

Dans les observations de Mercure en son passage entre les bords du Soleil, nous n'avons eu aucun égard au mouvement propre du Soleil, comme étant de petite conséquence ; mais si vous voulez y avoir égard, il faudra diminuer C O & C Q de la quantité du mouvement propre du Soleil à raison du tems écoulé entre le passage du centre du Soleil & de Mercure par le cercle Méridien.

Par la même méthode on observera les distances des Planetes entre elles, ou avec les Etoiles fixes aux environs de l'Ecliptique, excepté néanmoins quelques minutes, non seulement à cause du mouvement propre des Planetes, soit vers les mêmes parties, soit vers les parties opposées, comme nous avons dit du Soleil & de Mercure ; mais aussi à cause de leur éloignegnement de l'Ecliptique ou de leur trop grande latitude.

Il est à remarquer que cette seconde méthode, pour trouver la différence de déclinaison & d'Ascension droite, n'est pas plus exacte que la premiére, quoiqu'elle se fasse avec moins de calcul. Car il est assez difficile de disposer les fils du Micrométre selon le paralléle du mouvement diurne, ne le pouvant faire que par plusieurs épreuves incertaines.

Mr de la Hire a inventé encore un autre Micrométre, dont la construction est facile ; car ce n'est qu'un double Compas, comme il est ici représenté, dont les jambes inférieures sont dix fois plus grandes que les supérieures. Il doit être fait de maniére que les plus courtes jambes se puissent introduire par une fente dans le tuyau de la Lunette & se placer à l'endroit du foyer de la lentille objective, en sorte que les pointes très-fines des courtes jambes se puissent appliquer à tous les objets dépeints au foyer. Car de la même ouverture de Compas les pointes des plus longues jambes s'appliqueront sur une Echelle divisée en parties, qui marqueront les minutes & les secondes, telles qu'elles conviennent au foyer de la lentille objective ; la division de cette Echelle se pourra faire par la même méthode, dont nous nous sommes servi à connoître les distances des fils paralléles de l'autre Micrométre, en disant par la régle de trois : Comme le nombre des lignes contenues en la longueur du foyer de la lentille objective de la Lunette est à une ligne, ainsi le Rayon ou Sinus total est à la Tangente de l'angle mesuré au foyer sous une ligne. C'est pourquoi si les plus longues jambes contiennent dix fois les autres, dix lignes de l'Echelle mesureront le même angle : ce qui étant connu, il sera facile de diviser l'Echelle en minutes & secondes.

On pourra se servir de ce Micrométre, pour observer les diamétres des Planétes, comme aussi les moindres distances des Astres & des lieux de la Terre. Sa construction est la même que celle que nous avons donnée pour les Compas de réduction.

Description & usage d'un autre Micrométre ou Réticule universel pour observer toutes les Eclipses de Soleil & de Lune.

NOus sommes redevables à Mr l'Abbé le Camus de la construction d'un Micrométre ou Réticule, pour avoir immédiatement & sans aucune réduction les droits & les demi-droits d'une Eclipse. Cette construction est des plus ingénieuses.

XXIV. Planche. Fig. 1. Cet Instrument est un Parallélogramme de cuivre A B C D, mobile sur ses quatre angles A, B, C, D, & sur deux pivots E F, placés au milieu des côtés opposés A B C D, & en ligne droite avec les centres A B & D C, les deux régles opposées A D, B C, doivent être échancrées en sorte que leurs côtés intérieurs M N, P Q, soient en ligne droite, avec les centres A D & B C, & être en biseau ou talus vers l'extérieur du Parallélogramme.

Le Parallélogramme étant ainsi construit, il faut prendre sur le milieu de chacune des deux régles A D, B C, un intervalle qui puisse comprendre le plus grand diamétre de la Lune, & diviser cet intervalle en 24 parties égales par de petites lignes les plus fines & les plus profondes qu'il sera possible. Cet intervalle doit être environ de quinze lignes & demie pour une Lunette d'environ 10 pieds.

Il faut ensuite placer des filets sur les divisions, & les attacher sur les bords extérieurs qui sont en pente. Comme ces divisions sont fines & profondes, & que les régles sont faites en pente, elles retiennent facilement les filets avec de la cire & les empêchent de s'écarter à droit ou à gauche, quelque mouvement qu'on donne au Parallélogramme.

Enfin il faut attacher sur le côté D C, un Demi-cercle denté mobile avec le Parallélogramme sur le pivot F, & le faire engrener dans un pignon pour pouvoir rendre le Parallélogramme plus ou moins oblique, en faisant tourner avec une petite clef le pignon.

On voit par la construction de cet Instrument, que les filets M P, N Q, &c. conserveront leur même longueur, & seront toujours paralléles dans toutes les situations du Parallélogramme, parce qu'étant arrêtés sur les bords M N & P Q des biseaux, ils seront toujours égaux à la distance A B ou D C. On voit aussi que les filets pourront se rapprocher ou s'écarter également en rendant le Parallélogramme plus ou moins oblique, & pourront par conséquent comprendre exactement toutes sortes de diamétres du Soleil ou de la Lune, & les diviser en droits & en demi-droits.

Le Parallélogramme a trois pouces entre les centres AD, & deux pouces six lignes entre les centres A B : il est enfermé dans une boëte de cinq pouces de longueur sur trois pouces de largeur & cinq lignes de hauteur. Il y a une ouverture ronde de deux pouces six lignes de diamétre aux deux côtés de la boëte, laquelle ouverture a pour centre le milieu du Parallélogramme; cette ouverture est à peu près de la grandeur du foyer des verres de la Lunette. Il y a aussi un petit trou rond vis-à-vis de l'arbre du pignon qui est quarré, afin de pouvoir faire mouvoir le Parallélogramme avec une petite clef sans démonter la boëte, qui est attachée par quatre vis aux quatre coins. On place ce Micrométre au foyer de l'objectif & de l'oculaire de la Lunette comme les autres.

Il faut remarquer qu'on garnit de filets 14 divisions, si l'on veut avoir les

demi-droits, ou 8 divisions, si l'on ne veut avoir que les droits. Il est facile de voir par la figure comment il faut disposer ces filets : ladite figure se trouvera ci-après à la Planche XXIVe.

CHAPITRE IV.

Maniére d'observer les Astres.

LEs observations des Astres, qui se font de jour par les Lunettes de longue vûë, sont faciles, parce que les fils de soie se voient distinctement ; mais pendant la nuit il faut éclairer les fils avec un flambeau ou une bougie, en sorte qu'on puisse les voir avec les Astres par la Lunette, ce qui se fait en deux maniéres.

Premiérement, on éclaire la lentille ou verre objectif de la Lunette en approchant de ladite lentille une chandelle, mais obliquement, afin que son corps ou sa fumée n'empêche point les rayons de l'Astre. Mais si la lentille objective est un peu enfoncée dans le tuyau, elle ne pourra point être éclairée à moins que la chandelle ne soit fort proche, ce qui empêche de voir l'Astre ; & si la Lunette a plus de six pieds, il sera difficile d'éclairer suffisamment le verre objectif, en sorte que les fils paroissent bien distinctement.

Secondement, on fait une ouverture assez ample au bout du tuyau proche du cadre, où sont attachés les fils ; & en approchant la bougie, les fils & les Astres paroîtront.

Mais cette méthode est sujette à plusieurs inconvéniens, car la lumiére est si proche des yeux des Observateurs, que souvent ils en sont incommodés. De plus, comme les fils sont découverts & exposés à l'air, ils perdent leur situation, ou ils se détendent, & même se peuvent rompre.

Cette méthode outre cela est sujette à erreur, en ce que selon la position de la lumiére qui éclaire les fils, ils paroîtront en différentes situations, car si le filet horisontal, par exemple, est éclairé par-dessus, on prendra pour le filet une ligne lumineuse que l'on verra à la superficie supérieure du même filet. Mais si le même filet est éclairé par-dessous, la ligne lumineuse paroîtra à la superficie inférieure de ce filet, sans qu'il change de place, & l'erreur sera du diamétre du filet, qui vaut souvent plus de six secondes. Cet inconvénient suffit pour faire rejetter une pareille méthode.

Mr de la Hire a trouvé un expédient pour y remédier. Comme il avoit souvent expérimenté dans les observations, qu'au clair de la Lune, dans un tems un peu broüillé, les fils paroissoient distinctement, mais qu'à peine pouvoit-on les voir lorsque le Ciel étoit serein, il lui vint en pensée de couvrir le bout du tuyau de la Lunette, du côté du verre objectif, d'un morceau de gaze ou crêpe blanc très-fin, c'est-à-dire, fait de fils de soie très-déliés, comme les toiles de soie dont on se sert pour faire des tamis. Cette invention lui a réussi, car la bougie placée loin de la Lunette, éclairoit assez le crêpe pour faire voir distinctement les fils, sans empêcher de voir les Astres.

Les obſervations du Soleil ne ſe peuvent faire à moins que l'on ne mette entre la Lunette & l'œil un verre bruni ou enfumé, ce qui ſe prépare ainſi. Prenez deux morceaux de verre égaux & bien polis. Sur la ſurface d'un de ces verres & autour de ſes bords collez une bande de carton ; mettez ſur la fumée d'un flambeau l'autre morceau de verre, en le remuant ſouvent & le retirant de tems à autre, de crainte que la trop grande chaleur ne le faſſe caſſer, juſqu'à ce que la fumée y ſoit ſi épaiſſe, qu'à peine on puiſſe voir le flambeau ; mais il ne faut pas que le noir de fumée y ſoit par tout d'égale épaiſſeur, afin que l'on puiſſe choiſir celle qui convient à la ſplendeur du Soleil. Et afin que ce noir ne s'efface pas, il le faut appliquer ſur l'autre morceau de verre, dont la ſurface ne touchera point ladite fumée, au moyen des bandes de carton qui ſont entre les deux verres, dont enfin on joindra les bords avec une bande de papier collée.

Il faut ſe ſouvenir qu'en obſervant la hauteur du Soleil avec une Lunette à deux verres, le bord ſupérieur paroît inférieur.

Il y a deux maniéres principales d'obſerver les Aſtres, l'une dans le Méridien, & l'autre dans les cercles verticaux.

Premiére maniére. Si l'on connoît la poſition du cercle méridien en plaçant le plan du Quart de cercle dans le plan du Méridien par le moyen du plomb attaché au centre, on pourra trouver la hauteur méridienne de l'Aſtre, qui eſt une des principales opérations, & qui ſert de fondement à preſque toute l'Aſtronomie.

On peut auſſi avoir des obſervations méridiennes par le moyen d'une horloge à pendule, ſi l'on ſçait le tems précis du paſſage de l'Aſtre par le Méridien.

Il faut remarquer que les Aſtres ſont à même hauteur pendant une minute, devant ou après leur paſſage par le Méridien, pourvû néanmoins que l'Aſtre ne paſſe point par le Zénit ou aux environs ; mais s'il y paſſe, on obſervera les hauteurs d'un Aſtre à chaque minute, plus ou moins, autour du Méridien, que l'on ſuppoſe déja connu ; & ſa plus grande ou moindre hauteur, ſera ſa hauteur méridienne que l'on cherche.

Seconde maniére. Pour ce qui eſt des obſervations qui ſe font hors du Méridien dans les cercles verticaux, il faudra connoître la poſition du vertical, ou la chercher par la méthode ſuivante.

Le Quart de cercle demeurant, ainſi que ſa Lunette, dans la même ſituation verticale où il étoit, quand on a obſervé la hauteur de l'Aſtre avec l'heure de ſon paſſage par le point où ſe croiſent les fils de l'oculaire, on remarquera le tems que le Soleil ou quelqu'Etoile fixe (dont la longitude & latitude ſont connues) arrivera au fil vertical de la Lunette, c'eſt-à-dire, au cercle vertical qui paroît par l'Aſtre & par la ligne de foi au tems de l'obſervation ; d'où l'on connoîtra la poſition dudit cercle vertical, & l'on trouvera le vrai lieu de l'Aſtre obſervé.

Mais ſi le Soleil ou un autre Aſtre ne paſſe point par l'ouverture du tuyau, & que d'ailleurs on ait une ligne méridienne bien tracée ſur un terrein bien de niveau dans le lieu de l'obſervation, il faut abaiſſer un plomb de pignon ou de quelqu'autre corps ferme & immobile, éloigné du Quart de cercle de trois ou quatre toiſes, ſous lequel plomb il y ait une pointe de fer en l'alignement du fil, laquelle puiſſe marquer la rencontre du fil perpendiculaire. Pour lors il faut mettre tout près de la len-

tille objective une platine de cuivre ou de carte, au milieu de laquelle il y ait une petite fente, laquelle étant posée verticalement, passe par le centre de la figure circulaire de la lentille, qui tient lieu de vrai centre. Cela fait voir distinctement le fil du perpendicule, lequel ne pouvoit se voir auparavant par la Lunette, à cause de sa trop grande proximité. C'est pourquoi on remuera le perpendicule jusqu'à ce que son fil convienne avec le fil vertical de la Lunette; & par ce moyen on marquera sur le plancher le point où tombera ladite pointe de fer qui est sous le plomb, & ce sera un point du plan vertical que l'on cherche. Ensuite on suspendra un perpendicule devant le centre de la lentille objective, ou vis-à-vis le point où les fils se croisent, & l'on marquera, comme ci-devant, un point sur le plancher, lequel sera aussi dans le même vertical. C'est pourquoi si par ces deux points verticaux on tire une ligne droite qui rencontre la ligne méridienne, on aura la position du cercle vertical de l'Astre observé, par rapport à la ligne méridienne, dont l'angle se mesurera en prenant des grandeurs connues sur chacune de ces deux lignes du point où elles se rencontrent, & par leurs extrémités tirant une base on aura un triangle, dont les trois côtés étant connus, on trouvera l'angle du sommet, qui sera la distance dudit vertical au Méridien.

Manière d'observer la hauteur méridienne des Astres.

IL y a trop de difficulté à bien placer le Quart de cercle dans le plan du Méridien pour pouvoir exactement trouver la hauteur méridienne d'un Astre. Car à moins de trouver un lieu & un mur commode, où l'on puisse attacher fermement le Quart de cercle Astronomique dans le plan du Méridien, ce qui est très-difficile à faire, on n'aura point la véritable position du cercle méridien propre à observer tous les Astres, comme nous avons dit ci-devant. C'est pourquoi il sera beaucoup plus facile, principalement dans les voyages, de se servir d'un Quart de cercle portatif, par le moyen duquel on observera la hauteur de l'Astre un peu avant son passage par le Méridien, à chaque minute de tems, si l'on peut, jusqu'à ce qu'on trouve sa plus grande ou sa moindre hauteur sur l'Horison. Ainsi quoique l'on n'ait pas la véritable position du Méridien, on ne laissera pas d'avoir la hauteur méridienne apparente de l'Astre.

Quoique cette méthode soit fort bonne & exempte d'erreur sensible, néanmoins si l'Astre passe par le Méridien proche du Zénit, on ne pourra avoir sa véritable hauteur méridienne que par hazard, par les observations répétées de minute en minute, puisqu'à chaque minute la hauteur augmente d'environ 15 minutes de dégré; or en ces sortes d'observations, la situation incommode de l'Observateur, la variation de l'Azimuth de l'Astre de plusieurs dégrés en peu de tems, le changement qu'il faut faire à l'Instrument & la difficulté de le bien replacer verticalement, empêchent de faire les observations plus fréquentes que de 4 en 4 minutes, pendant lequel tems la différence de hauteur est un dégré. C'est pourquoi en ce cas il sera plus sûr de chercher à connoître d'ailleurs la position du cercle méridien, ou le tems précis que l'Astre passe au Méridien, afin de placer l'Instrument dans le plan dudit Méridien, ou de le mouvoir en

ſorte que l'on puiſſe obſerver la hauteur de l'Aſtre au moment qu'il paſſe par le Méridien.

Des Réfractions.

LA hauteur méridienne de deux Etoiles fixes étant obſervée, laquelle ſoit égale ou peu différente, dont l'une ſoit vers le Septentrion & l'autre vers le Midi, & connoiſſant d'ailleurs leur déclinaiſon, trouver la Réfraction qui convient au dégré de hauteur deſdites Etoiles fixes, & la vraie hauteur du Pôle ou de l'Equateur dans le lieu de l'obſervation.

Ayant trouvé par le précepte précédent la hauteur méridienne apparente d'une Etoile aux environs du Pôle, ſi l'on y ajoûte ou que l'on en ôte le complément de la déclinaiſon de ladite Etoile, on aura la hauteur apparente du Pôle. On aura auſſi par la même raiſon la hauteur apparente de l'Equateur, par le moyen de la hauteur méridienne d'une Etoile aux environs de l'Equateur, en ajoûtant ou ſouſtrayant la déclinaiſon.

Enſuite ayant ajoûté enſemble les hauteurs trouvées de l'Equateur & du Pôle, la ſomme en ſera toujours plus grande qu'un Quart de cercle; mais en ôtant 90 dégrés de cette ſomme, le reſte ſera double de la Réfraction de l'une & l'autre Etoile obſervée à même hauteur. C'eſt pourquoi ôtant cette Réfraction de ladite hauteur apparente du Pôle ou de l'Equateur, on aura leur vraie hauteur.

Soit, par exemple, la hauteur méridienne obſervée d'une Etoile au-deſſous du Pôle Boréal, de 30 dégrés 15 minutes, & le complément de la déclinaiſon de cette Etoile de 15 dégrés; la hauteur apparente du Pôle ſera donc de 35 dégrés 15 minutes. Semblablement ſoit la hauteur méridienne apparente d'une autre Etoile obſervée aux environs de l'Equateur de 30 dégrés 40 minutes, & ſa déclinaiſon méridionale de 24 dégrés 9 minutes; d'où l'on connoîtra la hauteur apparente de l'Equateur de 54 dégrés 49 minutes. C'eſt pourquoi la ſomme des hauteurs trouvées du Pôle & de l'Equateur ſera de 90 dégrés 4 minutes, dont ayant ôté 90 dégrés reſtera 4 minutes, qui ſera le double de la Réfraction à la hauteur de 30 dégrés 28 minutes, qui eſt environ le milieu entre les hauteurs trouvées. C'eſt pourquoi à la hauteur de 30 dégrés 15 minutes, la Réfraction ſera un peu plus de deux minutes, comme de deux minutes une ſeconde; & à la hauteur de 30 dégrés 40 minutes, la Réfraction ſera d'une minute 59 ſecondes.

Enfin ſi l'on ôte 2 minutes une ſeconde de la hauteur apparente du Pôle trouvée de 35 dégrés 15 minutes, il reſtera la vraie hauteur du Pôle 35 dégrés 12 minutes 59 ſecondes, & par la même raiſon la vraie hauteur de l'Equateur ſera de 54 dégrés 47 minutes une ſeconde, qui eſt le complément de la hauteur du Pôle.

Il faut remarquer que la Réfraction & la hauteur trouvée par cette méthode ſeront d'autant plus exactes que la hauteur des Aſtres ſera grande; car quoique la différence des hauteurs de chaque Etoile fût de deux dégrés, cela n'empêcheroit pas d'avoir la Réfraction & la vraie hauteur du Pôle, puiſqu'au-deſſus du 30me dégré de hauteur, la différence de Réfraction entre deux dégrés n'eſt point ſenſible.

Autre Méthode pour observer les Réfractions.

ON peut encore reconnoître la quantité de la Réfraction par l'observation d'une même Etoile, dont la hauteur méridienne soit de 90 dégrés ou un peu moins. Car connoissant d'ailleurs la hauteur du Pôle ou de l'Equateur dans le lieu de l'Observation, par la hauteur méridienne de l'Etoile, on connoîtra sa vraie déclinaison, puisque les Réfractions sont insensibles proche du Zénit.

Mais si à chaque dégré de hauteur de l'Etoile on observe le tems marqué par une Pendule exacte, comme aussi le tems de son passage par le Méridien, que l'on connoîtra par les hauteurs égales de ladite Etoile vers l'Orient & vers l'Occident, on aura dans un triangle sphérique trois choses connues; sçavoir, l'arc de la distance entre le Pôle & le Zénit, le complément de la déclinaison de l'Etoile, & l'angle compris par ces arcs, qui sont la différence convertie en dégrés & minutes du tems moyen entre le passage de l'Etoile par le Méridien & son lieu, pour lequel se fait le calcul, à quoi il faut ajoûter la partie proportionnelle convenable du moyen mouvement du Soleil, à raison de 59 minutes 8 secondes par jour.

C'est pourquoi l'on trouvera l'arc du vertical entre le Zénit & le vrai lieu de l'Etoile. Car par l'observation ayant l'arc apparent de la hauteur de ladite Etoile, la différence de ces arcs sera la quantité de la Réfraction à la hauteur de l'Etoile. Par un semblable calcul on aura la Réfraction de chaque dégré de hauteur.

On peut faire la même opération par le moyen du Soleil ou de quelqu'Etoile que ce soit, pourvû que l'on connoisse sa déclinaison, afin qu'au tems de l'observation on puisse trouver la vraie distance du Soleil ou de l'Etoile au Zénit.

Ayant connu la Réfraction des Astres, il sera facile de trouver la hauteur du Pôle. Car après avoir observé le même jour la hauteur méridienne de l'Etoile Polaire, tant au-dessus qu'au-dessous du Pôle à peu de distance d'une observation à l'autre, on diminue de chaque hauteur la Réfraction convenable; alors la moitié de la différence des hauteurs corrigées étant ajoûtée à la moindre hauteur corrigée ou soustraite de la plus grande aussi corrigée, on aura la vraie hauteur du Pôle.

M. de la Hire a observé avec grand soin pendant plusieurs années la hauteur méridienne des Etoiles fixes, & principalement de *Sirius* & de la Claire de la lyre avec des Quarts de cercle Astronomiques très-bien divisés & des Lunettes très-excellentes, & ce à différentes heures du jour & de la nuit, & même pendant le milieu du jour & en différentes saisons de l'année. Il a assûré n'avoir remarqué aucune différence dans les hauteurs de ces Etoiles, que celle qui provient de leur mouvement propre.

Or comme l'Etoile *Sirius* monte environ jusqu'au 26me dégré du Méridien, on pourroit douter si dans les moindres hauteurs les Réfractions d'Hiver seroient plus grandes que celles d'Eté. C'est pourquoi il a aussi observé avec feu M. Picard les hauteurs méridiennes de l'Etoile nommée *Capella* dans sa moindre hauteur méridienne, qui est environ de 4 dégrés & demi en différentes saisons de l'année. Il a comparé ensemble ces diverses observations & fait les réductions nécessaires, à cause du

mouvement propre de cette Etoile, mais à peine a-t-il trouvé une minute de différence, laquelle pouvoit provenir d'une autre cause que des Réfractions. C'est pourquoi il n'a construit qu'une seule Table de Réfractions du Soleil, de la Lune & des autres Astres pour toutes les saisons de l'année, conformément aux observations qu'il en a faites.

Cependant on peut croire que les Réfractions sont sujettes à diverses inconstances autour de l'Horison, selon la différente constitution de l'air & la nature du terrein haut ou bas, comme M. de la Hire l'a souvent expérimenté; car observant au pied des montagnes la hauteur des Astres qui sembloient en raser le sommet, elles lui ont paru un peu plus hautes que s'il les avoit observées du sommet même; mais si l'on veut ajoûter foi aux observations des autres, les Réfractions sont plus grandes, même en Eté dans les pays Septentrionaux que dans les Zônes tempérées.

Maniére de trouver par observation le tems de l'Equinoxe & du Solstice.

AYant connu la hauteur de l'Equateur, la Réfraction & la Parallaxe du Soleil à une même hauteur, il ne sera pas difficile de trouver le tems que le centre du Soleil sera dans l'Equateur. Car si de la hauteur méridienne apparente du centre du Soleil, le jour même qu'arrive l'Equinoxe, on ôte la Réfraction convenable & qu'on y ajoûte la Parallaxe, il restera la vraie hauteur méridienne du centre du Soleil. Or la différence de cette hauteur & de celle de l'Equateur marquera le tems du vrai Equinoxe devant ou après midi. Si l'on divise par 59 la somme des secondes de cette différence trouvée, le quotient marquera les heures & les fractions d'heure qu'il faut ajoûter ou soustraire du vrai Midi pour avoir le tems du vrai Equinoxe.

Les heures du quotient s'ajoûtent au tems du Midi, si la hauteur méridienne du Soleil s'est trouvée moindre que celle de l'Equateur vers l'Equinoxe du Printems; mais on les en soustrait, si elle s'est trouvée plus grande. Il faut faire le contraire vers l'Equinoxe d'Automne. Exemple. Etant donnée la vraie hauteur de l'Equateur (41 dégrés 10 minutes) & ayant observé la vraie hauteur méridienne du centre du Soleil (41 dégrés 5 minutes 15 secondes) laquelle se connoît par la hauteur apparente du bord supérieur ou inférieur du Soleil corrigée par son Demi-diamétre, Réfraction & Parallaxe, la différence sera de 4 minutes 45 secondes ou 285 secondes, lequel nombre étant divisé par 59, le quotient sera $\frac{49}{59}$, c'est-à-dire, 4 heures 48 minutes qu'il faut ajoûter à Midi, si le Soleil est en l'Equinoxe du Printems, & par conséquent l'Equinoxe arrivera à 4 heures 48 minutes après Midi. Mais si le Soleil étoit en l'Equinoxe d'Automne, ledit Equinoxe seroit arrivé 4 heures 48 minutes avant Midi, c'est-à-dire, à 7 heures 12 minutes du matin.

A l'égard des Solstices, il y a bien plus de difficulté à les déterminer que les Equinoxes; car il ne suffit pas d'une seule observation, parce qu'en ces tems la différence entre les hauteurs méridiennes d'un jour à l'autre est presqu'imperceptible. Il faudra donc prendre exactement la hauteur méridienne du Soleil, 12 ou 15 jours avant le Solstice, & autant de tems après, tâcher de retrouver à peu près la même hauteur méridienne du Soleil,

leil, afin que par les parties proportionnelles du changement de hauteur méridienne de cet Aſtre, on puiſſe exactement déterminer le tems que le Soleil s'eſt trouvé à même hauteur devant & après le Solſtice, étant dans le même cercle paralléle à l'Equateur.

Ayant donc connu le tems écoulé entre l'une & l'autre ſituation du Soleil, il en faut prendre le milieu, & chercher dans les Tables le vrai lieu du Soleil qui convient à ces trois tems. Le milieu de la différence des lieux extrêmes du Soleil s'ajoûtera au moindre, afin d'en faire un lieu moyen par la comparaiſon des extrêmes; mais ſi le lieu moyen trouvé par le calcul ne convient pas au lieu moyen trouvé par ladite comparaiſon, il faut en prendre la différence & ajoûter au tems moyen le tems qui répond à cette différence, ſi le tems moyen par le calcul eſt le plus petit, & au contraire le ſouſtraire s'il eſt plus grand, afin d'avoir le tems du Solſtice.

Par exemple, le dixiéme jour du mois de Juin la hauteur méridienne apparente du Soleil a été trouvée à l'Obſervatoire de 64 dégrés 27 minutes 25 ſecondes, & le 3me jour de Juillet enſuite, la même hauteur méridienne apparente s'eſt trouvée de 64 dégrés 28 minutes 15 ſecondes; d'où l'on connoît par la différence de déclinaiſon en ce tems, que le Soleil eſt arrivé au paralléle de la premiére obſervation le 3me jour de Juillet à 4 heures 12 minutes; & par conſéquent le tems moyen entre les obſervations ſera le 22me Juin à 2 heures 6 minutes du matin.

Or par les Tables, le vrai lieu du Soleil au tems de la premiére obſervation eſt de 2 ſignes & 18 dégrés 58 minutes 23 ſecondes, au tems de la derniére il eſt de 3 ſignes 11 dégrés 4 minutes 52 ſecondes, & au milieu il eſt de 3 ſignes 0 dégré 1 minute 56 ſecondes.

Mais la différence des lieux extrêmes eſt 22 dégrés 6 minutes 29 ſecondes, dont la moitié eſt 11 dégrés 3 minutes 15 ſecondes, leſquels ajoûtés au moindre lieu font 3 ſignes 0 dégré 1 minute 38 ſecondes, lequel lieu eſt le moyen par la comparaiſon des extrêmes.

Entre le lieu moyen par le calcul 3 ſignes 0 dégré 1 minute 56 ſecondes, & le lieu moyen par comparaiſon, la différence eſt 18 ſecondes, qui correſpondent à 7 minutes 18 ſecondes de tems, qu'il faut ôter du tems moyen, parce que le lieu moyen par le calcul eſt plus grand que le lieu moyen par comparaiſon. C'eſt pourquoi le tems du Solſtice ſera le 22me Juin à 1 heure 58 minutes 18 ſecondes du matin. Ce qui peut ſe confirmer par pluſieurs autres obſervations.

Il eſt à remarquer que l'erreur de peu de ſecondes, plus ou moins dans la hauteur du Soleil obſervée, peut éloigner d'une heure le Solſtice de ſon vrai tems: comme en l'exemple propoſé, 10 ſecondes de hauteur ou environ répondent à une heure de tems; c'eſt pourquoi cela ne ſe peut faire qu'avec des Inſtrumens bien diviſés & par pluſieurs obſervations très-exactes.

Observations faites à l'Observatoire aux environs des Solstices, pour avoir la hauteur du Pôle de Paris à l'Observatoire, & la plus grande déclinaison du Soleil ou obliquité de l'Ecliptique.

AU Solstice d'Eté la hauteur méridienne apparente du bord supérieur du Soleil, recueillie de plusieurs observations, s'est trouvée de . . . . . 64 dég. 55 min. 24 sec.

Réfraction à soustraire			33
Parallaxe à ajoûter			1
Vraie hauteur du bord supérieur	64	54	52
Demi-diamétre du Soleil		15	49
Vraie hauteur méridienne du centre	64	39	3

Au Solstice d'Hiver, la hauteur méridienne apparente du bord supérieur du Soleil . . . . . 18 dég. 0 min. 24 sec.

Réfraction à soustraire		3	12
Parallaxe à ajoûter			5
Vraie hauteur du bord supérieur	17	57	17
Demi-diamétre du Soleil		16	21
Vraie hauteur méridienne du centre	17	40	56

Donc la vraie distance des Tropiques est	46 d.	58 m.	7 secondes.
La moitié qui est la plus grande déclin. du Soleil	23	29	3 & demi.
La hauteur de l'Equateur à l'Observatoire	41	9	59 & demi.
Son complément qui est la hauteur du Pôle	48	50	0 & demi.

Observations de l'Etoile Polaire.

PAr diverses observations de la plus grande & de la moindre hauteur méridienne apparente de l'Etoile Polaire, qui est à l'extrémité de la queue de la petite Ourse, on conclut la hauteur apparente du Pôle, comme l'a remarqué M. Picard dans son Livre de la mesure de la terre, entre les portes de saint Jacques & de saint Martin, aux environs de saint Jacques de la Boucherie, 48 dégrés 52 minutes 20 secondes.

La réduction étant faite selon la distance des lieux, la hauteur méridienne apparente du Pôle à l'Observatoire, sera de 48 51 2

La Réfraction qui convient à cette hauteur.		1	4
Donc la vraie hauteur du Pôle à l'Observatoire	48	49	58
Pour laquelle nous prenons	48	50	0
Et par conséquent la hauteur de l'Equateur.	41	10	0

Connoissant l'heure ou le tems vrai ou apparent qu'une Etoile fixe ou une Planéte passe par le cercle Méridien, trouver la différence d'Ascension droite entre l'Etoile fixe ou la Planéte & le Soleil.

IL faut convertir en dégrés de l'Equateur le tems donné depuis Midi jusqu'au passage de l'Etoile fixe ou de la Planéte, ou bien le tems depuis leur passage jusqu'à Midi, & l'on aura ce que l'on cherche. Exemple.

La Planéte Jupiter a passé par le Méridien à 10 heures du matin, 23 minutes & 15 secondes : sa distance jusqu'à Midi, (qui est 1 heure 36 minutes 45 secondes) étant convertie en dégrés de l'Equateur, on aura 24 dégrés 11 minutes 15 secondes pour la différence d'Ascension droite entre le Soleil & Jupiter, au moment que le centre de Jupiter a passé par le Méridien.

Dans ce Problême & le suivant nous proposons le tems vrai ou apparent, & non pas le tems moyen ; parce que le tems vrai est plus aisé à connoître par les observations du Soleil, que le tems moyen. Nous expliquerons ce que c'est que le tems moyen aussi-bien que le tems vrai ou apparent, dans le *quatrieme Chapitre de ce Livre*, en parlant de la Machine pour les Eclipses.

Connoissant le tems vrai entre le passage de deux Etoiles fixes par le Méridien, ou bien d'une Etoile fixe & d'une Planéte, trouver leur différence d'Ascension droite.

IL faut convertir en dégrés de l'Equateur le tems donné entre leurs passages, & y ajoûter l'Ascension droite du vrai mouvement du Soleil, qui convient à ce tems ; & la somme sera la différence que l'on cherche.

Par exemple, supposons qu'entre les passages par le Méridien de l'Etoile du Grand-Chien nommé *Sirius*, & du Cœur du Lion nommé *Regulus*, il se soit écoulé 3 heures 20 minutes 0 seconde de tems, l'Ascension droite du vrai mouvement du Soleil qui convient à ce tems, sera de 7 minutes 35 secondes.

C'est pourquoi convertissant en dégrés de l'Equateur ces 3 heures 20 minutes on aura 50 dégrés, auxquels ajoûtant 7 minutes 35 secondes, la somme 50 dégrés 7 minutes 35 secondes sera la différence d'Ascension droite entre *Sirius* & *Regulus*.

Il en est de même d'une Etoile fixe & d'une Planéte, ou de deux Planétes ; cependant il faut remarquer que si le mouvement propre de la Planéte ou des Planétes est considérable entre le passage de l'une & de l'autre par le Méridien, il faut y avoir égard.

Maniére d'observer les Eclipses.

ENtre les observations des Eclipses nous avons le commencement & la fin, l'immersion totale & l'émersion qui se peuvent estimer assez exactement par les yeux seuls, sans Lunettes de longue-vûe, excepté néanmoins le commencement & la fin des Eclipses de Lune où l'on peut faire erreur d'une minute ou deux, à cause qu'il est difficile de déterminer certainement l'extrémité de l'ombre. Mais la quantité de l'Eclipse) c'est-à-dire, la portion éclipsée du disque du Soleil & de la Lune, laquelle se mesure par doits ou 12mes parties de tout le diamétre du Soleil & de la Lune, & par minutes ou 60mes parties desdits doits) ne se peut bien connoître sans une Lunette de longue-vûe jointe à quelqu'Instrument. Car l'estimation que l'on en peut faire avec les yeux est fort sujette à erreur, comme il est aisé de le reconnoître dans l'histoire des anciennes Eclipses, quoique les observations en ayent été faites par de très-habiles Astronômes.

Les premiers Aſtronômes qui ſe ſont ſervi de Lunettes de longue vûe, garnies de deux verres, ſçavoir de l'objectif convéxe & de l'oculaire concave dans les Eclipſes, obſervoient celles de Soleil par la méthode ſuivante. On faiſoit un trou aux volets d'une chambre bien fermée, on y mettoit le tuyau d'une lunette, comme celle que nous venons de décrire ; de ſorte que les rayons du Soleil paſſant par cette lunette, étoient reçus ſur un carton ou Table blanche, ſur laquelle on avoit premiérement décrit un cercle d'une grandeur convenable, avec cinq autres concentriques & également éloignés l'un de l'autre. Ces cercles avec le centre partageoient en douze parties égales tout le Diamétre du cercle extérieur. Ayant donc ajuſté la Tablette perpendiculaire à la ſituation du tuyau de la Lunette, on y voyoit l'image lumineuſe du Soleil d'autant plus grande que cette Tablette étoit éloignée de la lentille oculaire vers la partie intérieure de la chambre. C'eſt pourquoi en l'approchant ou reculant dudit tuyau, on cherchoit le lieu où l'image du Soleil paroiſſoit exactement égale à la circonférence du cercle extérieur, & en cette diſtance on arrêtoit la Tablette avec le tuyau de la Lunette, qui compoſoit la machine pour ladite obſervation. Enſuite on faiſoit mouvoir le tuyau ſelon le mouvement du Soleil, afin que le bord lumineux de ſon diſque touchât par tout la circonférence du cercle extérieur décrit ſur la tablette, & par ce moyen on voyoit la quantité de la portion éclipſée, & de ſa plus grande obſcurité, qui ſe meſuroit par le moyen des cercles concentriques ; on marquoit l'heure de chaque phaſe par une horloge à ſecondes rectifiée & préparée pour cette obſervation. La même méthode s'obſerve encore par pluſieurs Aſtronômes, qui ſe ſervent auſſi d'un Réticule circulaire fait par ſix cercles concentriques ſur du papier très-fin que l'on peut huiler pour rendre l'image du Soleil plus ſenſible. Le plus grand de ces cercles doit contenir exactement l'image du Soleil au foyer du verre objectif d'une Lunette de 40 à 60 pieds : ces 6 cercles ſont à diſtance égale & diviſent avec le cercle le diamétre du Soleil en 12 doits égaux. Lorſque ce papier eſt placé au foyer d'une grande lunette, on diſtingue nettement la partie du Soleil qui reſte éclairée ; on ne ſe ſert point alors de verre oculaire.

Il y en a d'autres qui ſe ſervent d'un Téleſcope garni de deux lentilles convéxes qui fait le même effet. Mais quoique cet uſage du Téleſcope ſoit très-propre à obſerver les Eclipſes de Soleil, il eſt cependant inutile aux Eclipſes de Lune, à cauſe de ſon peu de lumiére. D'autres enfin ſe ſervent d'un Micrométre placé au foyer commun des lentilles convéxes. Outre la quantité des phaſes des Eclipſes de Soleil & de Lune, que l'on connoît facilement par ledit Micrométre, on peut de plus connoître les diamétres des luminaires, & la proportion du diamétre de la Terre à celui de la Lune, tant par la portion obſcurcie de ſon diſque, que par la portion lumineuſe avec la diſtance entre ſes cornes.

Cette méthode d'obſerver les Eclipſes par le moyen du Micrométre ſera beaucoup plus utile, ſi les diviſions auſquelles s'appliquent les fils de ſoie, ſont faites de ſorte que ſix intervalles de fils contiennent le diamétre du Soleil ou de la Lune. Car le fil mobile poſé au milieu de la diſtance entre les immobiles, ce qui n'eſt point difficile à faire, marquera chacun des doits de l'Eclipſe.

La même lunette du Micrométre pourra ſervir à toutes les autres obſervations & meſures des Eclipſes, comme dans les Eclipſes de Lune pour obſerver l'ombre de la terre, laquelle couvre & abandonne les taches.

Il reſte pourtant une difficulté aſſez conſidérable, c'eſt de faire pour chaque Eclipſe une diviſion nouvelle du Micrométre qui puiſſe ſervir d'un raiſeau commun à toutes les obſervations ; car à peine trouve-t-on deux Eclipſes en tout un ſiécle, auſquelles le diamétre apparent du Soleil ou de la Lune ſoit le même.

C'eſt pourquoi Mr de la Hire a inventé un nouveau Réticule ou Raiſeau, lequel ayant tous les uſages du Micrométre ordinaire, peut ſervir à obſerver toutes ſortes d'Eclipſes, s'accommodant à tous les diamétres apparens du Soleil & de la Lune, & dont les diviſions ou fils ſont aſſez fermes & ſolides pour réſiſter à tous les changemens & inconſtances de l'air, quoiqu'ils ſoient auſſi déliés que les fils de ſoie.

Pour la conſtruction & l'uſage de ce Réticule, il faut premiérement choiſir deux lentilles objectives de Lunette de même foyer, ou à peu près, leſquelles on joint enſemble ; comme le foyer de deux lentilles enſemble de 8 pieds, qui eſt la longueur d'une Lunette, commode pour obſerver toutes ſortes d'Eclipſes, excepté néanmoins le commencement & la fin des Eclipſes de Soleil, où il faut de plus longues lunettes pour les déterminer exactement.

Secondement, il eſt marqué dans les Tables que le plus grand diamétre de la Lune à la hauteur de 90 dégrés eſt de 34 minutes 6 ſecondes, auquel ajoûtant 10 ſecondes, on aura 34 minutes 16 ſecondes. C'eſt pourquoi il faut dire par la régle de proportion : Comme le Rayon ou Sinus total eſt à la Tangente de 17 minutes 8 ſecondes, qui eſt moitié de 34 minutes 16 ſecondes, ainſi ſont 8 pieds, ou la longueur du foyer des deux lentilles aux parties du pied, leſquelles doublées au foyer de la lunette, contiendront un angle de 34 minutes 16 ſecondes ; & ce 4me nombre doublé ſera le diamétre dudit Raiſeau circulaire.

Troiſiémement, ſur un verre bien applani, clair & poli, on décrira légérement avec une pointe de diamant attachée à une des jambes du compas ſix cercles concentriques & également éloignés l'un de l'autre, dont le plus grand & dernier ait le demi-diamétre égal au 4me terme ci-devant trouvé. On tire auſſi ſur tous ces cercles deux diamétres, ſe croiſans à angles droits. Cette petite platine de verre ainſi préparée étant miſe dans le tuyau, dont nous avons ci-devant parlé, & au foyer de la Lunette, ſera un Raiſeau fort commode pour obſerver toutes les Eclipſes de Soleil & de Lune, & il diviſera en 12 doits ou parties égales tous les diamétres apparens du Soleil & de la Lune, de la maniére que nous allons expliquer.

Il eſt évident par la Dioptrique que tous les rayons qui partent des points d'un objet éloigné après leur réfraction, par deux lentilles convéxes ou jointes ou peu éloignées, dépeindront au foyer commun deſdites lentilles leur image, laquelle ſera plus grande à proportion que les lentilles ſeront éloignées l'une de l'autre, ou plus petite à proportion que les lentilles ſeront jointes enſemble. C'eſt pourquoi ſi les lentilles objectives, dont on ſe ſert dans cette conſtruction, ſont miſes chacune en un tuyau, & que ces deux tuyaux conviennent ſi bien qu'ils ſe puiſſent emboëter l'un dans l'autre ; les lentilles étant conjointes, l'image de l'ob-

jet éloigné (dont les rayons partans des extrémités tomberont dans les lentilles ſous un angle de 34 minutes 16 ſecondes) ſurpaſſera de 10 ſecondes le plus grand diamétre apparent de la Lune. C'eſt pourquoi en éloignant peu à peu les lentilles, on trouvera la poſition en laquelle le plus grand cercle du Raiſeau poſé au foyer, répond à un angle de 34 minutes 6 ſecondes. Car l'image d'un objet vû ſous un moindre angle, pourra être égale à l'image du même objet vû ſous un plus grand angle, ſelon la différente longueur des foyers. Mais le Raiſeau a ſon tuyau particulier, ce qui fait qu'on le peut éloigner autant qu'on voudra des lentilles objectives. Nous allons ici rapporter deux méthodes pour trouver les poſitions des lentilles & du Raiſeau propres à recevoir les différens diamétres du Soleil & de la Lune

Premiérement, dans un lieu bien uni & propre à faire des obſervations avec des Lunettes, mettez une table blanche à 2 ou 300 toiſes de la lunette, & directement oppoſée à la longueur du tuyau, ſur laquelle table vous aurez tracées deux lignes droites, noires & paralléles; faites que l'intervalle deſdites lignes à l'égard de la diſtance qu'il y a entre ladite table & la lunette, ſoit tel que le requiert un angle de 34 minutes 6 ſecondes; de ſorte que ledit intervalle des lignes noires repréſenté au foyer des lentilles objectives y faſſe un angle de 34 minutes 6 ſecondes, ce que l'on aura par une régle de proportion en diſant, de même que nous avons dit pour le Micrométre : Comme le Sinus total eſt à la Tangente de 17 minutes 3 ſecondes, ainſi la diſtance de la table au tuyau des lentilles objectives eſt à moitié de l'intervalle des lignes noires. Ainſi l'on cherchera par l'expérience le lieu de chaque lentille objective & du Raiſeau poſé en leur foyer commun; en ſorte que la repréſentation des lignes noires embraſſe tout le diamétre du plus grand cercle dudit Raiſeau. On marquera ſur les tuyaux le nombre 34 minutes 6 ſecondes en chaque poſition des lentilles & de leur foyer ou du Raiſeau, afin de pouvoir ajuſter les lentilles & le Raiſeau en leur juſte diſtance toutes les fois qu'il s'agira d'un angle de 34 minutes 6 ſecondes.

Enſuite ſi l'on éloigne davantage ladite table du tuyau, & que ſa diſtance ſoit telle que l'intervalle des lignes noires ſoit la baſe d'un angle de 33 minutes dont le ſommet ſoit aux lentilles de la lunette, ce que l'on connoîtra par le calcul, en diſant : Comme la Tangente de 16 minutes 30 ſecondes eſt au Sinus total, ainſi la moitié de l'intervalle des lignes noires eſt à la diſtance de la table aux lentilles. Or dans cette poſition de la lunette & de la table il faudra chercher la poſition des lentilles entre elles & du Raiſeau, enſorte que la repréſentation des lignes noires qui ſe fait bien diſtinctement au foyer des lentilles, occupe tout le diamétre du plus grand cercle du Raiſeau; puis on marquera le nombre, 33 minutes ſur les tuyaux à la place où ſe doivent mettre chacune des lentilles & le Raiſeau. Faites enſuite la même opération pour les angles de 32 minutes, de 31, de 30 & de 29.

Que ſi l'on diviſe en 60 parties égales les diſtances marquées ſur les tuyaux entre les différentes poſitions des lentilles & du Raiſeau qui conviennent à une minute, on aura leurs poſitions pour chaque ſeconde, & par ce moyen le même cercle du Raiſeau pourra s'accommoder à tous les différens diamétres apparens du Soleil & de la Lune, & le diametre

du plus grand cercle étant diviſé en 12 parties égales, il ſervira à connoître la quantité de toutes les Eclipſes de Soleil & de Lune.

La ſeconde méthode tirée de l'Optique, n'étant point fondée ſur un ſi grand nombre d'expériences, paroîtra peut-être plus facile à quelques-uns; car connoiſſant les foyers de chacune des lentilles objectives, on dira: Comme la ſomme de la longueur des foyers des lentilles (ſoit de même, ou de différent foyer) moins la diſtance entre les lentilles, eſt à la longueur du foyer de la lentille extérieure, moins la diſtance entre les lentilles; ainſi le même terme eſt à un quatriéme, lequel étant ôté de la longueur du foyer de la lentille extérieure, reſtera la diſtance de la lentille extérieure au foyer commun des lentilles, qui eſt le lieu du Raiſeau.

On connoîtra auſſi par la même méthode la poſition du foyer commun des lentilles, ſi elles ſont jointes, par le moyen des mêmes termes de la régle ci-deſſus, & ſans avoir aucun égard à la diſtance entre les lentilles; mais pour faire un calcul plus exact il faut compter le lieu des lentilles au milieu de leur épaiſſeur.

C'eſt pourquoi en ſuppoſant pluſieurs diſtances différentes entre les lentilles objectives, on trouvera la longueur de leur foyer, c'eſt-à-dire, le lieu du Raiſeau correſpondant à chaque diſtance.

Enſuite on dira: Comme la longueur du foyer connu eſt au demi-diametre du Raiſeau tel qu'il ſoit; ainſi le Rayon eſt à la Tangente de l'angle qui convient au demi-diamétre du Raiſeau.

Par la même méthode on aura auſſi la grandeur du cercle extérieur dudit Raiſeau, en diſant: Comme le rayon eſt à la tangente d'un angle de 17 minutes 3 ſecondes; ainſi la longueur du foyer des lentilles jointes qui a été trouvée ci-devant, eſt au demi-diamétre du plus grand cercle extérieur.

Ayant donc ainſi connu le nombre des minutes & ſecondes compriſes dans le plus grand cercle du Raiſeau, ſelon les différens intervalles des lentilles, on les écrira ſur chaque tuyau des lentilles & du Raiſeau, & de plus on diviſera en ſecondes les diſtances entre les termes trouvés, comme nous avons dit en la premiere méthode. C'eſt pourquoi on trouvera auſſitôt les poſitions des lentilles & du Raiſeau, qui contiendront les diamétres apparens du Soleil & de la Lune tels qu'il ſeront propoſés.

Que ſi l'on trouve trop de difficulté pour tracer exactement ſur le verre les cercles concentriques, on n'aura qu'à tracer ſur ce verre avec la pointe du diamant 13 lignes droites, paralléles entre elles & d'égale diſtance, avec une autre ligne droite qui leur ſoit perpendiculaire; mais la longueur de cette perpendiculaire entre les paralléles extrêmes doit être égale au diamétre trouvé du plus grand cercle du Raiſeau, comme nous avons dit ci-devant. On pourra ſe ſervir de ce Raiſeau au lieu de celui qui eſt compoſé de fils de ſoie.

On pourra auſſi ſe ſervir d'un verre ſur lequel on aura tracé des lignes avec une pointe très-fine de diamant, dans le même ordre que ſeroient les fils de ſoie, ſoit pour le Micrométre, ſoit pour la Lunette de longue vûe du Quart de cercle aſtronomique ou du Niveau. Car cette petite platine de verre étant ajuſtée dans ſon propre cadre, ainſi qu'il a été dit en parlant de la conſtruction du Micrométre, ſervira aux mêmes uſages que les fils de ſoie. Je crois qu'on n'a encore rien découvert juſqu'ici de plus utile dans toute l'Aſtronomie pratique, puiſque de pareils Raiſeaux ne ſont

point ſujets aux inconſtances de l'air, ni à être rongés par des inſectes, ni aux mouvemens de l'Inſtrument, qui font que très-ſouvent les fils ſe rompent ou ſe dérangent de leur vraie poſition; ce qui ſera très-commode à tous les Obſervateurs, mais principalement dans les lieux découverts & dans les longs voyages.

XX. Planche. Fig 9. On peut auſſi ſe ſervir dans l'obſervation des angles, d'un verre avec une ligne tracée dans le milieu, laquelle ſoit un peu plus large que celles que l'on trace pour ſervir de fils de ſoie. On ajuſtera un verre ainſi préparé dans la petite fenêtre, qui eſt au bout de l'alidade ou régle mobile du Quart aſtronomique, en ſorte que la ligne tracée ſur la ſurface du verre touche le bord de l'Inſtrument & qu'elle ſoit dirigée vers ſon centre, & l'on s'en ſervira au lieu de cheveu que l'on met ordinairement en cet endroit, lequel eſt ſujet à trop d'incommodités.

Il y a des gens qui préférent les fils de ſoie aux lignes tracées ſur le verre, dont la ſurface peut cauſer quelqu'obſcurité aux objets, ou faire quelqu'erreur, ſi ce verre n'eſt pas bien applani; mais ſi ces difficultés, qui ne ſont d'aucune conſéquence leur font peine, ils pourront ſe ſervir de fils de verre bien droits & bien tendus, au lieu de fils de ſoie, car on en trouve d'auſſi déliés que de la ſoie, & qui ſont aſſez fermes pour réſiſter aux inconſtances de l'air.

Ces filets de verre ſe font aux Verreries en tirant avec le bout d'une verge de fer un peu de verre fondu de dedans le creuſet qui eſt au fourneau; enſuite on attache promptement ce verre à un grand Devidoir qu'il faut faire tourner auſſi-tôt avec une grande viteſſe, pour former ſur ce Devidoir un filet de verre très délié, qui ſe plie & ſe redreſſe comme un cheveu ſans ſe caſſer, tels que les filets dont on ſe ſert ordinairement à faire des aigrettes. On attache ces filets de verre aux Lunettes de la même maniére que les fils de ſoie.

Quoique les Phaſes ou apparences des Eclipſes de Lune, dont les Aſtronômes ſe ſervoient dans les Uſages aſtronomiques & géographiques, ſe puiſſent obſerver bien plus facilement & plus exactement par le moyen de notre Raiſeau que par les anciennes méthodes; il faut cependant avouer que l'on obſerve plus commodément l'immerſion & l'émerſion des taches de la Lune dans l'ombre de la terre que les Phaſes, à cauſe de leur multitude, & qu'il faut moins d'appareil, en ſe ſervant d'une Lunette longue ſeulement de 6 pieds; car pour cela il ne faut que la planche qui repréſente le Diſque de la Lune dans ſon plein, où ſont marqués les noms propres des taches & des principaux lieux qui paroiſſent ſur le Diſque de la Lune, comme on les trouve dans l'Aſtronomie réformée du R. P. Riccioli, & dans le Livre de *La Connoiſſance des tems.*

On pourra marquer le tems que les principales taches commenceront d'entrer dans l'ombre, & le tems qu'elles y ſeront toutes plongées, ou bien le tems du commencement & de la fin de leur ſortie, d'où l'on connoîtra le tems de l'immerſion & de l'émerſion de leur centre.

Cette figure de la Lune ſe trouve gravée à l'envers, telle qu'elle paroît avec une lunette garnie de deux verres convéxes; ce qui a été fait, pour que l'on puiſſe plus facilement rapporter à ladite figure le paſſage de l'ombre de la terre par les taches de la Lune.

On tire de grands avantages des obſervations des Eclipſes; car ſi l'on marque

marque exactement le tems du commencement d'une Eclipſe de Lune, de ſon immerſion totale dans l'ombre, de ſon émerſion & de ſa fin, comme auſſi du paſſage de l'ombre de la terre par les taches dépeintes ſur ſa figure, on aura la différence des longitudes des lieux où ſe feront les obſervations, comme ſçavent tous les Aſtronômes. Mais parce qu'il arrive rarement des Eclipſes de Lune que l'on puiſſe obſerver en différens pays, pour en conclure la différence de leur longitude, on peut à leur place obſerver les Eclipſes des Satellites de Jupiter, c'eſt-à-dire, leurs immerſions & émerſions dans ſon ombre, mais principalement du premier Satellite dont le mouvement eſt très-vite autour de Jupiter. On peut donc à cet égard faire commodément pluſieurs obſervations pendant le cours d'une année, & de-là on peut connoître exactement la différence des longitudes des lieux où ſe font leſdites obſervations.

Il faut pourtant remarquer que les Eclipſes de Lune n'ont pas beſoin d'un ſi grand appareil que les Eclipſes des Satellites de Jupiter, leſquelles on ne peut obſerver facilement & exactement à moins que d'avoir une Lunette de douze pieds de long, au lieu que les Eclipſes de Lune ſe peuvent obſerver ſans Lunette, s'il ne s'agit que des Phaſes du commencement & de la fin, ou de l'immerſion & de l'émerſion, ou bien avec une lunette de médiocre longueur on peut obſerver les immerſions & émerſions de ſes taches.

M. de Caſſini très-habile Aſtronôme a mis au jour l'an 1693, des Tables exactes des mouvemens des Satellites de Jupiter. C'eſt pourquoi en comparant le tems de l'immerſion ou de l'émerſion du premier Satellite de Jupiter trouvé par les Tables dreſſées pour l'Obſervatoire, avec les obſervations faites en tous autres lieux, par la différence du tems, on connoîtra la différence des longitudes entre l'Obſervatoire & le lieu de l'obſervation. Ce qui ſe pourra confirmer en obſervant le même phénomene en l'un & l'autre lieu.

Il eſt à propos d'avertir ici les Obſervateurs, d'un cas qui empêche ſouvent d'obſerver exactement les Satellites de Jupiter. Dans un tems ſerein on remarque ſouvent que la ſplendeur de Jupiter & des ſes Satellites s'éteint peu à peu, de ſorte qu'il eſt impoſſible de déterminer exactement le vrai tems de l'immerſion ou émerſion. La cauſe de cet accident vient de la lentille objective, laquelle ſe couvre toute de goutes de roſée, qui détournent les rayons de lumiére, ce qui fait qu'il y en a très-peu qui parviennent juſqu'à l'œil.

Un remede très-ſûr à cette incommodité, eſt qu'en faiſant un tuyau de papier brouillard, c'eſt-à-dire, tournant deux ou trois feuilles l'une ſur l'autre, on fera un tuyau long d'environ deux pieds, aſſez ample pour embraſſer le bout du tuyau de la lunette du côté du verre objectif. Ce tuyau ainſi ajuſté boira la roſée de la nuit, & empêchera qu'elle ne parvienne juſqu'au verre; & par ce moyen on pourra commodément faire les obſervations.

La difficulté dans les obſervations des Eclipſes du Soleil & de la Lune, eſt d'obſerver exactement les doits éclipſés. Feu M. le Chevalier de Louville nous a donné l'idée d'une Machine pour pouvoir faire ſuivre le Micrometre à l'Aſtre qu'on obſerve. Car comme l'Aſtre va dans un ſens, pendant que l'ombre va dans un autre, l'Obſervateur n'a pas le tems de me-

ſurer la quantité du Diſque qui reſte illuminé. Ce célebre Aſtronôme propoſoit de joindre à une Machine parallactique une horloge de fer qui feroit tourner une manivelle attachée à une vis ſans fin, par le moyen de laquelle ce mouvement d'horloge feroit tellement diſpoſé, qu'il feroit tourner ladite Machine, avec la viteſſe du mouvement diurne du Soleil; par ce moyen on pourroit faire en ſorte qu'un des fils du Micrométre ſeroit toujours vis-à-vis du limbe ou bord de l'Aſtre oppoſé à l'endroit le plus éclipſé; & l'Obſervateur n'ayant pour lors qu'à ſonger à prendre cette quantité, par le moyen de la vis du Micrométre, il en pourroit aiſément venir à bout; ce qu'on ne ſçauroit faire par toute autre Machine qu'on ait inventée juſqu'à préſent.

CHAPITRE V.

De la conſtruction & uſage d'une Machine qui montre les Eclipſes tant du Soleil que de la Lune, les Mois & les Années lunaires avec les Epactes.

XXI. *Planche.* Fig. 5. CEtte Machine eſt inventée par M. de la Hire, & eſt compoſée de trois Platines rondes de cuivre ou de carton, & d'une alidade ou régle qui tourne du centre commun autour de la circonférence des Platines. Vers le bord de la ſupérieure, qui eſt la plus petite, il y a deux bandes circulaires, dans leſquelles on a fait de petites ouvertures rondes, dont les extérieures marquent les Nouvelles Lunes, & l'image du Soleil, & les intérieures marquent les Pleines-Lunes, & l'image de la Lune. Le bord de cette Platine eſt diviſé en 12 mois lunaires qui contiennent chacun 29 jours 12 heures 44 minutes; mais de telle ſorte que la fin du 12me mois, qui fait le commencement de la ſeconde année lunaire, ſurpaſſe la premiere Nouvelle Lune de la quantité de 4, des 179 diviſions marquées ſur la Platine du milieu.

Au bord de la Platine ſupérieure il y a un index attaché, dont un côté, qui eſt en la ligne de foi, fait partie d'une ligne droite qui tend au centre de la Machine; laquelle ligne paſſe auſſi par le milieu de l'une des ouvertures extérieures, qui montre la premiere Nouvelle Lune de l'Année lunaire. Le diamétre des ouvertures eſt égal à l'étendue de quatre dégrés ou environ.

Le bord de la ſeconde Platine eſt diviſé en 172 parties égales, qui ſervent pour autant d'Années lunaires, dont chacune eſt de 354 jours, 9 heures ou environ. La premiere année commence au chifre 179, auquel finit la derniére.

Les années accomplies ſont marquées chacune par leurs chifres 1, 2, 3, 4, &c. qui vont de 4 en 4 diviſions, & qui font 4 fois le tour pour achever le nombre 179, comme on le voit en la figure de cette Platine. Chacune des Années lunaires comprend quatre deſdites diviſions, de ſorte qu'en cette figure elles anticipent l'une ſur l'autre de 4 deſdites 179 diviſions du bord.

Sur cette ſeconde Platine au-deſſous des ouvertures de la premiere, il y a aux deux extrémités d'un même diamétre un eſpace coloré de noir, qui répond aux ouvertures extérieures, & qui marque les Eclipſes de Soleil.

Elle porte auſſi un autre eſpace coloré de rouge qui répond aux ouvertures intérieures, & qui marque les Eclipſes de Lune. La quantité de chaque couleur qui paroît par les ouvertures fait voir la grandeur de l'Eclipſe. Le milieu des deux couleurs, qui eſt le lieu du nœud de la Lune, répond d'un côté à la diviſion marquée 4, & 2 tiers de dégré de plus; & d'autre côté il répond au nombre oppoſé.

La figure de l'eſpace coloré ſe voit ſur cette ſeconde Platine, & ſon amplitude ou étendue marque les termes des Eclipſes.

La troiſiéme & la plus grande des Platines, qui eſt au-deſſous des autres, contient les jours & les mois des années communes. La diviſion commence au premier jour de Mars, afin de pouvoir ajoûter un jour au mois de Février, quand l'année eſt biſſextile. Les jours de l'année ſont décrits en forme de ſpirale, & le mois de Février paſſe au-delà du mois de Mars, à cauſe que l'Année lunaire eſt plus courte que l'Année ſolaire, de ſorte que la 15me heure du 10me jour de Février répond au commencement du mois de Mars. Mais après avoir compté le dernier jour de Février, il faut rétrograder avec les deux Platines ſupérieures dans l'état où elles ſe trouvent, pour reprendre le premier jour de Mars. Il y a 30 jours marqués au-devant du mois de Mars qui ſervent à trouver les Epactes.

Il faut remarquer que les jours, comme nous les prenons ici, ne ſont point accomplis ſuivant l'uſage des Aſtronômes, mais comme le vulgaire les compte, c'eſt-à-dire, en commençant à une minuit & finiſſant à minuit du jour ſuivant. C'eſt pourquoi toutes les fois qu'il s'agit d'un premier jour de mois, ou de tout autre jour, nous entendons par-là l'eſpace de ce jour marqué dans la diviſion; car nous comptons ici les jours courans, ſuivant l'uſage vulgaire.

Dans le milieu de la Platine ſupérieure on a décrit des Epoques qui marquent le commencement des Années lunaires, par rapport aux Années ſolaires, ſelon le Calendrier Grégorien & pour le Méridien de Paris. Le commencement de la premiere année, dont la marque doit être *zero*, & qui répond à la diviſion 179, eſt arrivé à Paris à 14 heures & demie du 29 Février de l'année 1680.

La fin de la premiere Année lunaire, qui eſt le commencement de la ſeconde, répond à la diviſion marquée 1 : Elle eſt arrivée à Paris l'an 1681, le 17 Février à 23 heures un quart, en comptant, comme nous avons dit, 24 heures de ſuite d'une minuit à l'autre.

Mais de crainte qu'il n'y eût quelqu'erreur en rapportant les diviſions du bord de la ſeconde Platine avec celles des époques des Années lunaires qui leur correſpondent, nous avons mis les mêmes nombres aux unes & aux autres.

Nous avons marqué ſur la Machine même les époques de toutes les Années lunaires, depuis l'année 1700 juſqu'à l'année 1750; & depuis cette derniére année juſques & compris 1854, nous les avons marqué de 10 en 10 ans, afin que l'uſage de cette Machine fût plus facile pour accorder enſemble chacune deſdites Années lunaires & ſolaires. Quant aux autres années de notre Cycle de 179 ans, il ne ſera pas difficile de le rendre complet, en ajoûtant 354 jours 8 heures 48 minutes & deux tiers pour chaque Année lunaire.

L'alidade ou régle, qui s'étend du centre de l'Inſtrument juſqu'au bord

de la plus grande Platine, ſert à rapporter les diviſions d'une Platine avec celles des deux autres. Que ſi l'on applique cette Machine à une horloge, on aura un Inſtrument parfait & accompli en toutes ſes parties.

La Table des Epoques, qui eſt dreſſée pour le Méridien de Paris, pourra facilement ſe réduire aux autres Méridiens, ſi pour les lieux plus orientaux que Paris, on ajoûte le tems de la différence des Méridiens; & au contraire ſi on l'ôte pour les lieux plus occidentaux.

Il eſt à propos de mettre la Table des Epoques au milieu de la platine ſupérieure, afin qu'elle ſe puiſſe voir avec cette Machine.

Maniére de faire les diviſions ſur les Platines.

LE cercle de la plus grande Platine eſt diviſé de telle façon, que 368 dégrés 2 minutes 42 ſecondes comprennent 354 jours 9 heures ou un peu moins. D'où il ſuit que ce cercle doit contenir 346 jours 15 heures, leſquelles on peut prendre ſans erreur ſenſible pour deux tiers de jour. Or pour diviſer un cercle en 346 parties égales & deux tiers, réduiſez le tout en tiers qui font en cet exemple 1040 tiers; cherchez enſuite le plus grand nombre multiple de 3, qui ſe puiſſe facilement diviſer par moitié & qui ſoit contenu en 1040. Ce nombre ſe trouvera dans une progreſſion géométrique double, dont le premier & moindre terme ſera 3, comme 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384, 768.

Le 9me nombre de cette progreſſion eſt celui qu'on cherche. Il faut donc ſouſtraire 768 de 1040, dont il reſtera 272, & chercher combien ce nombre reſtant fait de dégrés, minutes & ſecondes, par la régle de trois, en diſant: Si 1040 tiers font la circonférence d'un cercle de 360 dégrés, combien 272 tiers. La régle étant faite, elle vous donnera 94 dégrés 9 minutes 14 ſecondes.

C'eſt pourquoi retranchez dudit cercle un angle de 94 dégrés 9 minutes 14 ſecondes, & diviſez le reſte du cercle toujours par moitié, enſorte qu'après avoir fait huit ſubdiviſions vous parviendrez au nombre 3, qui ſera l'arc d'un jour, par lequel diviſant auſſi l'arc de 94 dégrés 9 minutes 14 ſecondes, tout le cercle ſe trouvera diviſé en 346 jours 2 tiers. Car il y aura 256 jours dans le plus grand arc, & 90 jours 2 tiers dans l'autre. Chacun de ces eſpaces répond à 1 dégré 2 minutes 18 ſecondes, comme on le voit en diviſant 360 par 346, 2 tiers; & 10 jours répondent à 10 dégrés 23 minutes. Par ce moyen on pourroit faire une Table qui ſerviroit à diviſer cette Platine.

Ces jours ſeront enſuite diſtribués à chacun des mois de l'année, ſuivant le nombre qui leur convient, en commençant par le mois de Mars, & continuant juſqu'à la 15me heure du 10 de Février, qui répond au commencement de Mars, & le reſte dudit mois de Février paſſe au-delà & par deſſus.

Le cercle de la ſeconde Platine doit être diviſé en 179 parties égales. Pour cet effet cherchez le plus grand nombre, qui ſe puiſſe toujours diviſer par moitié juſqu'à l'unité, & qui ſoit contenu en 179, & vous trouverez 128, lequel ôté de 179, reſte 51. Cherchez quelle partie de la circonférence du cercle fait ledit reſte, par la régle de trois, en diſant: Si 179 parties font 360 dégrés, combien feront 51 parties; alors le 4me terme ſera 102 dégrés 34 minutes 11 ſecondes.

C'eſt pourquoi ayant retranché du cercle un arc de 102 dégrés 34 minutes 11 ſecondes, diviſez le reſte dudit cercle toujours par moitié, & après avoir fait 7 ſubdiviſions vous parviendrez à l'unité. Ainſi cette partie de cercle ſera diviſée en 128 parties égales, puis avec la même derniére ouverture de Compas vous diviſerez l'arc reſtant en 15 parties, & tout le cercle ſe trouvera diviſé en 179 parties égales, dont chacune répond à 2 dégrés 40 ſecondes, comme il eſt aiſé de voir, en diviſant 360 dégrés, par 179. C'eſt un ſecond moyen pour diviſer ladite Platine.

Enfin, pour diviſer le cercle de la Platine ſupérieure, prenez le quart de ſa circonférence, & y ajoûtez une des 179 parties ou diviſions du bord de la Platine du milieu; le compas ouvert du quart ainſi augmenté, ayant tourné 4 fois, diviſera ledit cercle de la maniére qu'il doit être; car en ſubdiviſant chacun deſdits quarts en 3 parties égales, on aura 12 eſpaces pour les 12 mois lunaires, de telle ſorte que la fin du douziéme mois, qui fait le commencement de la ſeconde année lunaire, ſurpaſſe la premiére Nouvelle Lune de 4 des 179 diviſions marquées ſur la Platine du milieu.

Uſage de cette Machine.

UNe Année lunaire étant propoſée, trouver les jours de l'Année ſolaire qui lui répondent, dans leſquels doivent arriver les Nouvelles & Pleines-Lunes & les Eclipſes.

Soit propoſée, par exemple, la vingt-quatriéme année lunaire de la Table des Epoques, qui répond à la diviſion de la Platine du milieu marquée (24.) Arrêtez la ligne de foi de l'index à la Platine ſupérieure ſur la diviſion marquée 24, en la Platine du milieu, où eſt le commencement de la vingt-cinquiéme Année lunaire. Et voyant par la Table des Epoques que ce commencement tombe ſur le 14me jour de Juin de l'année 1703, à 9 heures 52 minutes, tournez enſemble les deux Platines ſupérieures en cet état, juſqu'à ce que la ligne de foi de l'index attaché à la Platine ſupérieure convienne avec la dixiéme heure ou environ du 14me Juin, marquée ſur la Platine inférieure, auquel tems arrive la premiére Nouvelle Lune de l'Année lunaire propoſée, car la ligne de foi de l'index paſſe par le milieu de l'ouverture de la premiére Nouvelle Lune de ladite Année lunaire.

Enſuite, ſans changer la ſituation des trois Platines, étendez depuis le centre de l'Inſtrument un fil ou la régle mobile, & la faiſant paſſer par le milieu de l'ouverture de la premiére Pleine-Lune, la ligne de foi de cette régle répondra au commencement du 29me jour dudit mois de Juin à 4 heures un quart, qui eſt le tems de cette Pleine-Lune, laquelle a été totalement éclipſée, comme il paroît par la couleur rouge qui remplit toute l'ouverture de cette Pleine-Lune.

L'Inſtrument étant dans cette poſition, on connoît que la Nouvelle Lune ſuivante eſt arrivée ſur les 3 heures du matin du 14 Juillet auſſi ſuivant, & qu'ainſi il y a eu une Eclipſe partiale de Soleil.

En continuant de conſidérer la Machine toujours dans la même poſition, on connoît encore les Eclipſes qui ſont arrivées pendant le mois de Décembre de la même année 1703, & vers le commencement de l'année ſuivante. Mais comme la dixiéme Nouvelle Lune de l'année propoſée paſſe au-delà du 28me jour de Février, il faut conduire l'alidade juſqu'audit jour

28me Février, & faire rétrograder enſuite les deux Platines ſupérieures, conjointement avec l'alidade, & dans le même état où elles ſe trouvent toutes les trois, juſqu'à ce que la ligne de foi de ladite alidade ſe rencontre ſur le premier jour de Mars, où commence la diviſion des jours & des mois de l'année ſur la troiſiéme Platine; après quoi conduiſant la régle ou alidade par toutes les ouvertures des Nouvelles & Pleines-Lunes qui reſtent de ladite année propoſée, on apperçoit ſur la derniére Platine les tems qu'elles ſont arrivées.

Mais comme la treiziéme Nouvelle Lune eſt la premiére de l'Année lunaire ſuivante, laquelle répond au nombre 25 des diviſions de la Platine du milieu, on laiſſera les deux Platines inférieures en l'état où elles ſe trouvent, & l'on avancera celle de deſſus juſqu'à ce que la ligne de foi de ſon index convienne avec le nombre 25 de la Platine du milieu, auquel point elle marquera ſur la derniére & plus grande Platine le jour de la premiére Nouvelle Lune de la 25me Année lunaire, ſelon l'ordre de notre époque, laquelle eſt arrivée à 18 heures 40 minutes du ſecond jour de Juin de l'année 1704; enſuite conduiſant comme ci-devant la régle mobile par le milieu des ouvertures des Nouvelles & Pleines-Lunes, on connoît ſur la derniére Platine les jours qu'elles ſont arrivées en l'année 1704 auſſi-bien que les Eclipſes de la même année, juſqu'à la fin de Février, après quoi il faudra faire la même choſe que pour l'année précédente, c'eſt-à-dire, qu'après être parvenu à la fin de Février, il faudra rétrograder juſqu'au premier jour de Mars, de la maniére qu'il vient d'être dit.

On pourroit ainſi trouver les commencemens de toutes les Années lunaires ſans ſe ſervir de la Table des Epoques; mais d'autant qu'il n'eſt pas poſſible d'ajuſter ſi exactement les Platines & l'Alidade les unes ſur les autres qu'il ne ſe gliſſe quelqu'erreur, qui s'augmenteroit d'année en année, ladite Table des Epoques ſervira pour rectifier l'uſage de cette Machine.

En poſant la ligne de foi de la régle mobile ſur l'âge de la Lune, entre les jours des mois lunaires marqués ſur le bord de la Platine ſupérieure, on verra les jours des mois communs correſpondans, & à peu près les heures, ſur le bord de la Platine inférieure.

Il eſt à remarquer que les calculs de la Table des Epoques ſont faits pour les tems moyens des Nouvelles Lunes, qui ſuppoſent les mouvemens du Soleil & de la Lune toujours égaux; c'eſt pourquoi il ſe trouve quelque différence entre les tems apparens des Nouvelles & Pleines Lunes & des Eclipſes telles que nous les voyons de la terre, comme elles ſont marquées dans les Ephémérides.

Les mouvemens propres du Soleil & de la Lune, auſſi-bien que ceux des autres Planétes, nous paroiſſent tantôt plus vites, & tantôt plus lents. Cette inégalité apparente vient en partie de ce que leurs orbites ne ſont pas concentriques à la terre, & en partie de ce que les arcs égaux de l'Ecliptique, qui eſt oblique à l'Equateur, ne paſſent pas toujours par le Méridien avec des parties égales de l'Equateur. Les Aſtronômes, pour la facilité de leurs calculs, ont imaginé un mouvement qu'ils appellent *moyen* ou *égal*, ſuppoſans que les Planétes décrivent en des tems égaux des arcs égaux de leurs orbites. Le tems qu'ils appellent vrai ou apparent, eſt la meſure du mouvement vrai ou apparent, & le tems moyen eſt la meſure

du moyen mouvement. Ils ont auſſi inventé des régles pour réduire les tems moyens en tems vrais ou apparens, (ces deux mots ſignifians en cette occaſion la même choſe,) & au contraire pour réduire les tems vrais ou apparens en tems moyens.

Trouver par le calcul ſi une Nouvelle ou Pleine-Lune ſera écliptique.

POur les Nouvelles Lunes, multipliez par 7361 le nombre des mois lunaires accomplis depuis celui qui a commencé le 8me Janvier 1701, ſuivant le Calendrier Grégorien, juſqu'à celui qu'on examine; ajoûtez au produit le nombre 33890, & diviſez la ſomme par 43200; après la diviſion, ſans avoir égard au quotient, examinez le reſte ou la différence entre le diviſeur & le reſte, car ſi l'un ou l'autre eſt moindre que le nombre 4060, il y a aura Eclipſe de Soleil.

Mais s'il s'agit d'une Pleine-Lune, multipliez ſemblablement par 7361, le nombre des mois lunaires accomplis depuis celui qui a commencé le 8me Janvier 1701, juſqu'à la Nouvelle Lune qui a précédé la Pleine-Lune qu'on examine; ajoûtez au produit 37326, & diviſez la ſomme par 43200; la diviſion étant faite, ſi le reſte ou la différence entre le reſte & le diviſeur eſt moindre que le nombre 2800, il y a aura Eclipſe de Lune.

L'Eclipſe de Soleil ou de Lune ſera d'autant plus grande que le reſte, ou la différence ſera petite; & au contraire.

On demande, par exemple, ſi la Nouvelle Lune du 22 Mai de l'année 1705, a été écliptique. Depuis le 8 Janvier 1701 juſqu'au 22 Mai 1705, il y a 54 Lunaiſons accomplies. Multipliez, ſelon la régle ce nombre 54, par 7361, & au produit ajoûtez 33890; la ſomme étant diviſée par 43200, reſtera 42584, qui eſt plus grand que 4060, & la différence entre le reſte 42584, & le diviſeur 43200 eſt 616, laquelle eſt moindre que 4060; c'eſt pourquoi il y a eu Eclipſe de Soleil.

S'il eſt queſtion d'une Pleine-Lune, par exemple, de celle du 27 Avril de l'année 1706, nous trouverons 65 Lunaiſons accomplies depuis la Nouvelle Lune du 8 Janvier 1701, juſqu'à celle qui a précédé la Pleine-Lune en queſtion. C'eſt pourquoi ayant multiplié, ſelon la régle, ledit nombre 65 par 7361, & ajoûté au produit 37326, la ſomme ſera 515791, laquelle étant diviſée par 43200, ſans avoir égard au quotient, le reſte ſera 40591, plus grand que 2800. La différence entre le diviſeur & ce reſte eſt 2609, moindre que 2800; c'eſt pourquoi il y a eu Eclipſe de Lune ledit jour 27 Avril 1706.

L'Auteur a diviſé & fait graver des Planches d'une bonne grandeur, pour monter cet Inſtrument en cartons. Il a fait auſſi imprimer ſéparément un petit Livre pour expliquer ſon uſage.

Les Sphéres des différens ſyſtêmes & les Globes céleſtes ſont auſſi des Inſtrumens qui ſervent à l'Aſtronomie, auſſi-bien que les Aſtrolabes. Nous n'en diſons rien ici, en ayant ſuffiſamment parlé dans deux Traités ſéparés, qui expliquent aſſez bien leurs conſtructions & leurs uſages.

Celui de l'uſage des Globes & des Sphéres a été réimprimé l'année derniére pour la ſixiéme fois.

Les Globes & les Sphéres que l'Auteur a fait graver ſuivant les différens ſyſtêmes, ſont d'une grande beauté & faits avec toute la juſteſſe poſſible,

de même qu'un Planiſphére céleſte d'une grandeur convenable & très-commode pour connoître à tout moment l'état du Ciel, dont la conſtruction & les uſages ſont expliqués dans un petit Traité qui eſt auſſi imprimé ſéparément.

Les principaux Inſtrumens qu'un Aſtronôme doit avoir après un bon Quart de cercle, eſt une Pendule à ſecondes, une Lunette de 7 à 8 pieds où un Micrométre ſoit ajuſté, pour obſerver & meſurer le diamétre des Aſtres, une Lunette ou Teleſcope de 15 ou 16 pieds pour obſerver les immerſions & les émerſions des Satellites de Jupiter, une de 20 à 25 pieds pour voir le premier Satellite de Saturne, & une de 35 à 40 pour obſerver les deuxiéme, troiſiéme & quatriéme Satellites; & enfin une Machine parallactique.

CHAPITRE VI.

Deſcription d'une Pendule à ſecondes à grandes vibrations, à roue de rencontre, à poids & à contre-poids, allant 30 heures.

XXI. Planche. Fig. 1

LA premiére figure fait voir la conſtruction intérieure de cette Pendule. Les deux Platines marquées A A, B B qui ſont de laiton, ont environ 6 à 8 pouces de long ſur 3 ou 4 de large. Celle marquée A A, ſe nomme la *Platine de devant* ou *des pilliers*, & celle marquée B B, *Platine de derriére*, quand il s'agit de Pendule: & *Platines de deſſus* & *de deſſous* quand il s'agit de Montre. Elles ſont éloignées l'une de l'autre d'environ 18 lignes, par le moyen de quatre pilliers de fonte qui ſont rivés aux quatre coins de la Platine de devant, ſur les pivots deſquels la Platine de derriére entre, & y eſt retenue par le moyen d'une goupille qui paſſe au travers d'un trou fait dans le pivot de chaque pillier. Ces deux Platines avec les quatre pilliers ſont ce que l'on appelle *la cage*. Dans l'entre-deux de ces Platines ſe poſent les quatre roues ſuivantes.

La premiére, qui eſt marquée C C, eſt la plus grande de toutes; auſſi ſe nomme-t-elle *la grande roue*. Elle a 80 dents, ſon axe eſt d'acier trempé, ainſi que tous les autres, & elle y eſt attachée par le moyen d'une aſſiette de laiton ſoudée & tournée ſur l'axe ſur laquelle elle eſt rivée. Sur un des bouts de cet axe eſt attachée une poulie de laiton qui a 5, 7 ou 9 pointes d'acier, marquées D D, enfoncées deſſus afin d'empêcher le cordon qui y paſſe, & auquel les poids ſont ſuſpendus, de gliſſer. Cet axe a deux pivots qui entrent dans deux trous faits aux deux Platines, ſur leſquels la roue tourne & ſe meut librement, ainſi que toutes les autres roues.

La ſeconde roue marquée F, eſt plus petite de diamétre que la précédente: elle ſe nomme *roue moyenne* ou *ſeconde roue*. Elle a 48 dents, & eſt attachée, de même que la grande, ſur un axe ou tige d'acier qui porte un pignon marqué E, de la même piéce, qui a huit ailes, dans lequel pignon engréne la roue C C.

La troiſiéme roue marquée H, eſt encore plus petite de diamétre que la précédente: elle a pareillement 48 dents, & porte de même ſur la tige un pignon de huit ailes marqué G, dans lequel engréne la roue F. Cette troiſiéme

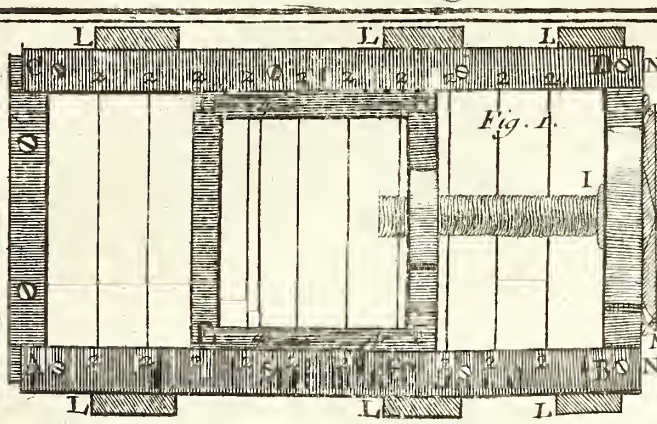


Fig. 1.

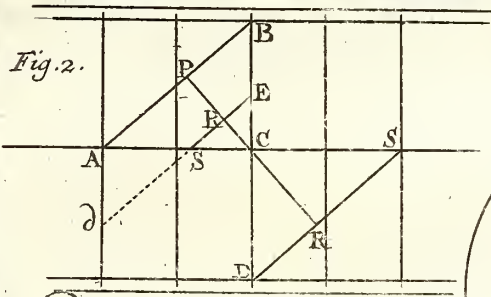


Fig. 2.

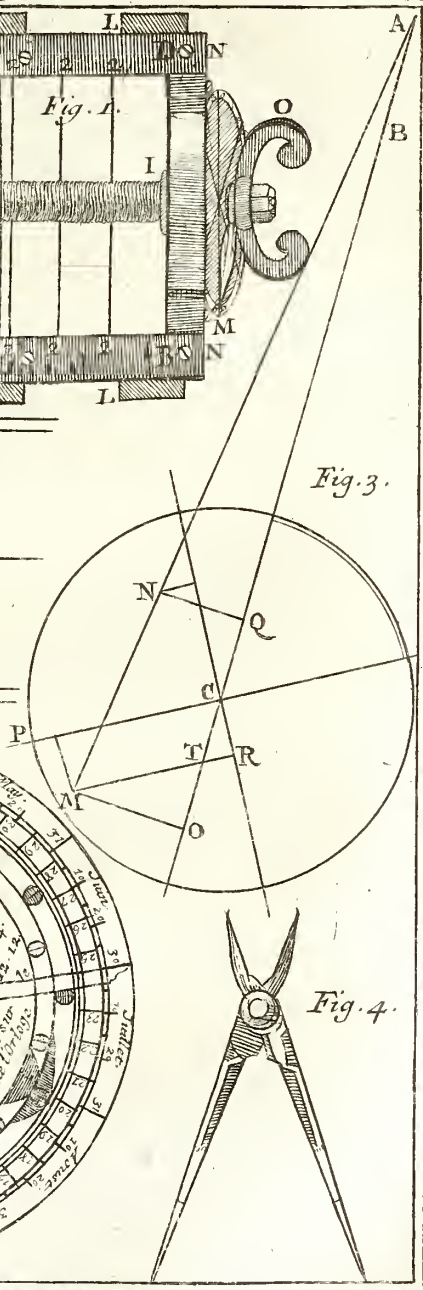


Fig. 3.

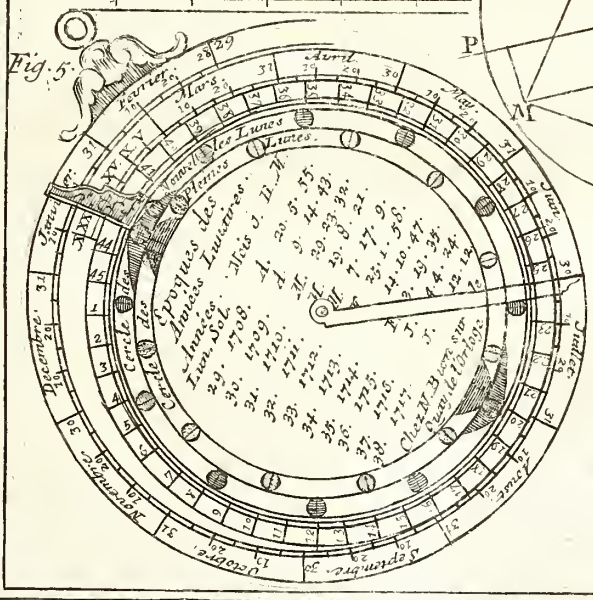


Fig. 5.

Fig. 4.

troiſiéme roue H n'a pas la même forme que la précédente ; ſa figure eſt en forme de couronne : elle eſt nommée en termes de l'art, *roue de champ*.

La quatriéme de ces roues marquées K, eſt encore plus petite de diamétre que la précédente. Elle a 15 dents, qui ne ſont pas faites comme les autres : elles ſont preſque pareilles aux dents d'une ſcie. Cette roue eſt de même attachée ſur un axe qui porte un *pignon de rapport* marqué I, qui a 24 ailes, dans lequel engréne la roue H. Ce pignon s'appelle ainſi, parce qu'il n'eſt pas de la même piéce que ſon axe, mais y eſt rivé à peu-près comme les roues. La quatriéme roue K, qui a la même forme que la précédente, eſt nommée *roue de rencontre*. Sa poſition dans la cage eſt différente de celle des autres : elle eſt horiſontale, & eſt tenue de la maniére que nous allons l'expliquer. N & Q eſt une piéce de laiton qu'on nomme *la potence* qui tient à la Platine de derriére, ſur laquelle elle eſt rivée. Q eſt ce qu'on appelle *le nez*, & N *le talon* ; ſur le nez de la potence eſt percé un petit trou dans lequel entre un des pivots de la tige de la roue de rencontre, & l'autre pivot entre dans un trou percé dans une piéce de laiton marqué O. Cette piéce ſe nomme *la contre-potence* & tient ſur la Platine de derriére par le moyen de la vis marquée *c*.

P eſt une autre piéce de laiton qu'on nomme *le coq*, tenue ſur la Platine par le moyen de deux vis, dont on voit une marquée *i*. L'endroit marqué P, eſt ce que l'on nomme *le nez du coq*. M eſt ce qu'on appelle *la verge du balancier*, & L L ſes *palettes*. Ces palettes doivent faire ſur la verge un angle de 80 à 90 dégrés, & leur longueur doit être à peu-près comme une dent de la roue de rencontre. Cette verge qui eſt d'acier, paſſe au travers de la Platine, qui en cet endroit eſt percée d'un grand trou, & du nez de la potence, qui eſt auſſi percé pour cet effet, & ſes deux pivots entrent l'un dans un trou percé dans le talon de la potence N, & l'autre dans le nez du coq P. Au bout de cette verge eſt ſoudée une petite aſſiette de laiton ſur laquelle eſt rivée *la fourchette* S.

Cette fourchette eſt courbée comme on le voit, en ſa partie inférieure, & percée dans le milieu de ſon épaiſſeur & par ſon bout courbé, pour laiſſer paſſer la verge du pendule V, au bas duquel eſt *la lentille* X.

T ſont deux lames de laiton, dont on ne voit ici qu'une, qui par leurs figures ſont nommées *cycloïdes*. Cette cycloïde eſt attachée au coq, par le moyen de la vis marquée *k*, & à ſon haut eſt ſuſpendu le pendule, de la maniére qu'on le voit par la figure 2, qui repréſente auſſi la figure des deux lames de la cycloïde, dont on parlera dans la ſuite.

Il eſt facile de voir de quelle maniére ce mouvement de pendule ſe meut, par la force des roues, qui ſont tirées par le poids. Le pendule V X étant une fois mis en branle, ſon mouvement eſt continué par le poids, dont le cordon tirant la poulie ſur lequel il eſt, fait mouvoir la roue C C, qui engrenant dans le pignon E, fait mouvoir la roue F, qui communique ſon mouvement à la roue H, par le moyen du pignon G, dans lequel elle engréne. La roue H communique ſon mouvement au pignon I, qui fait mouvoir la roue K, dont les dents rencontrant alternativement les palettes L L, font mouvoir la fourchette S, qui entretient ainſi en mouvement continuel le pendule V X.

Il n'eſt pas difficile de remarquer, que ce mouvement doit être fort égal ; car la propriété du poids, étant de tirer toujours avec la même force,

les dents de la roue de rencontre rencontreront en des tems égaux les palettes L L, qui par le moyen de la fourchette S, feront faire (aidées de la cyloïde) des vibrations égales au pendule, tant que ſa longueur ne changera point; ainſi les heures, les minutes & les ſecondes, ſeront marquées réglément par le moyen des roues ci-après nommées.

Y Y Y eſt la *Plaque du Cadran* ou *de la Boëte*, qui eſt ordinairement de laiton. Sur cette Plaque, ſe rivent *quatre petits pieds*, auſſi de laiton, dont on voit un marqué Z, & ſur les pivots deſquels la Platine de devant marquée A A entre de la même maniére, que la Platine de derriére entre ſur celle de devant. Ces pieds qui ont environ 5 à 6 lignes de hauteur, ſervent à tenir dans cette diſtance, la Platine de devant avec la Plaque, qu'on fait tenir à la Boëte, par le moyen de quatre tourniquets.

Le pivot de l'*Arbre* R, de la Roue C C, paſſe au travers de cette Plaque, & ſert de centre *a*, pour tracer le cercle des heures ou Cadran (diviſé en 12 parties égales) qu'on attache ſur la Plaque, avec quatre vis. Le bord extérieur de ce Cadran eſt diviſé en 60 autres parties égales, qui ſont les minutes, & ſont marquées par une aiguille, de la maniére que nous l'allons dire.

Sur le pivot de l'arbre R s'ajuſte un *Canon* de laiton *g e*, ſur lequel eſt rivée la Roue *b*, qu'on nomme la *Roue des minutes*. Ce canon eſt ajuſté de maniére que l'Arbre R le fait tourner avec lui; mais cependant on le fait tourner ſeul, ſi l'on veut, lorſqu'il en eſt beſoin.

Cette Roue a 30 dents, & engréne dans une autre marquée *n*, de pareil nombre de dents, & de même diamétre, qu'on appelle *la Roue de renvoi*. Cette derniére roue eſt rivée ſur un pignon maqué *h*, qui a ſix ailes, & eſt ſoutenu par ſes deux pivots, dont l'un entre dans un trou percé dans la Platine A A, & l'autre dans un trou percé dans le tenon *d*, qui eſt attaché ſur la Platine A A, par le moyen de la vis marquée *m*.

Sur le Canon de la roue des minutes entre & tourne très-librement un autre canon de laiton marqué *r f*, ſur lequel eſt rivé la roue *f*, qu'on nomme la *Roue de Cadran*: elle a 72 dents, qui engrenent dans le pignon *h*, de la Roue de renvoi marqué *n*.

Sur ce Canon de la roue de Cadran s'ajuſte l'aiguille des heures ſur lequel elle eſt portée; & l'aiguille des minutes eſt menée par le canon *g e*, de la roue *b*, qui étant plus long que celui de la roue de cadran, porte ladite aiguille, ſur lequel elle entre quarrément; & ces deux aiguilles ſont retenues par le moyen tant d'un écrou d'acier ou de laiton fait en eſpéce de goûte de ſuif & appliqué deſſus, que d'une goupille qui entre dans un trou percé dans le bout de l'Arbre R. C'eſt de cette maniére que s'ajuſtent & que tournent les aiguilles des heures & des minutes. Voyons préſentement celle des ſecondes.

Le Pivot du pignon G, de la Roue de champ marquée H, paſſant au travers de la Platine A A, va & s'étend juſqu'à la Plaque Y Y Y, qui en cet endroit eſt percée. Ce Pivot ſert de centre à un autre Cadran, diviſé en 60 parties égales, que l'on place dans l'intérieur du Cadran des heures, ſur la plaque de la Boëte, & auquel on donne le plus grand diamétre que l'on peut. Sur ce pivot s'ajuſte un Canon de laiton, ſur lequel eſt rivée une petite aiguille, qui étant entraînée par le mouvement de la Roue de champ H, marque ſur ce Cadran les ſecondes. Ce Cadran eſt ajuſté ſur ce pivot,

de la même maniére que celui de la Roue des minutes l'eſt ſur l'Arbre de la grande roue, c'eſt-à-dire, que cette petite aiguille marche avec la Roue de champ; mais on la peut cependant tourner ſeule ſi l'on veut, & quand il en eſt beſoin.

Voilà en quoi conſiſte tout le méchaniſme de cette Pendule. Après en avoir donné la deſcription, il n'eſt pas hors de propos de dire un mot de la révolution des roues, c'eſt-à-dire, du nombre des tours qu'elles font par heure, & de la longueur que doit être le pendule, pour battre une ſeconde à chaque vibration.

La roue C C qui, comme nous avons dit, porte l'aiguille des minutes ſur le bout de ſon axe, doit par conſéquent employer une heure de tems à faire ſon tour. Ayant 80 dents & engrenant dans le pignon E de 8 ailes, la roue F qui eſt attachée ſur ce pignon, doit néceſſairement faire 10, tours contre un de la roue C C, parce qu'en 80 il y a 10 fois 8.

Cette roue F a 48 dents, qui engrénent dans le pignon G de 8 aîles, qui porte la roue H: diviſez 48 par 8, vous aurez 6 pour quotient; multipliez à préſent 6 par 10 (qui ſont les tours de cette ſeconde roue F) en une heure, vous aurez 60 tours de la roue H, pour une ſeule révolution de la roue C C.

La roue H a 48 dents, & le pignon I (dans lequel elle engréne) 24. Ce pignon I porte la roue K ſur l'axe duquel elle eſt attachée: cette roue fait par conſéquent deux tours pour un de la roue H. Multipliez à préſent 60 par 2, vous trouverez 120 tours que fait la roue K, contre 60 de la roue H, & 10 de la roue F, & contre un de la roue C C, & le tout en une heure de tems.

Cette derniére roue K a 15 dents, qui font mouvoir ou pour parler plus correctement, qui font échapper les deux Palettes L L, de la verge du Balancier M. Ce Balancier fait vibrer le pendule V X par le moyen de la fourchette S, & lui fait faire 30 vibrations en un tour de la roue K, parce que les deux Palettes rencontrant alternativement les dents de cette roue, battent par conſéquent le double de ce que la roue a de dents. Multipliez à préſent 30 par 120 (qui ſont les tours que la roue K fait en une heure) vous trouverez 3600 vibrations du pendule, pendant une ſeule révolution de la roue C C, qui eſt d'une heure de tems juſte.

Si vous voulez ſçavoir enſuite combien il y a de ſecondes en une heure, comme il y a 60 minutes à l'heure & 60 ſecondes à la minute, multipliez 60 par 60, il vous viendra pareillement 3600. Ainſi en faiſant votre Pendule de la longueur qu'il doit être pour battre les ſecondes, c'eſt-à-dire, de 36 pouces 8 lignes & demie, qui eſt la longueur déterminée à le prendre du point de ſuſpenſion au-deſſus de T, où eſt le commencement de la courbure des deux lames, qui font la Cycloïde juſqu'au centre X, vous aurez un pendule qui par ſes vibrations marquera une ſeconde de tems ou d'heure fort juſte. Remarquez ici deux choſes en paſſant. La premiére, c'eſt qu'il y a quelques perſonnes qui déterminent la longueur du pendule pour battre une ſeconde de tems à 36 pouces 8 lignes deux tiers, au lieu de 8 lignes & demie, comme il eſt dit ci-devant. Et la ſeconde, que plus on approche de l'Equateur & plus les vibrations du pendule ſont lents, & par conſequent il le falloit plus court pour battre les ſecondes; ce qui eſt tout le contraire lorſqu'on approche des Pôles.

Avant de parler des révolutions des roues qui ménent les aiguilles des heures, des minutes & des secondes, il eſt à propos de dire quelque choſe de la forme de la Lentille du pendule, & de ſa peſanteur.

Cette Lentille ſe fait à préſent de deux ou trois figures différentes, les uns la font ronde & convéxe, comme vous le voyez dans la figure premiére en X; les autres lui donnent la forme d'un cylindre, & quelques autres celle d'un ancre, dont les extrémités ſont pointues, comme le repréſente la figure troiſiéme. Chacune de ces différentes figures a ſes partiſans, ce que nous n'entreprendrons point de décider; cela n'appartient qu'aux perſonnes de l'art, qui par l'uſage qu'ils en ont, jugent plus ſainement que tous autres quelle figure eſt la meilleure pour la régularité des uns & des autres de ces Pendules. Cependant la figure ronde eſt celle dont on ſe ſert plus volontiers ſur la terre; mais ſur mer on donne la préférence à celle qui a la figure d'un ancre, comme diviſant mieux l'air, & étant plus propre à vaincre ſa réſiſtance.

Cette Lentille ſe fait de cuivre ou de laiton: elle eſt creuſe en dedans. On la remplit ordinairement de plomb, afin de lui donner, ſous le moindre volume qu'il eſt poſſible, la peſanteur de deux ou trois livres. Ce poids ſert encore beaucoup à la régularité de ce pendule; car plus il eſt lourd & plus ſes vibrations ſont juſtes, réſiſtant mieux aux différentes températures de l'air.

Nous avons déja dit que la Roue C C faiſoit ſon tour en une heure. Et conſéquemment la roue des *Minutes* marquée *b* (qu'elle porte ſur ſon axe R, & ſur le canon de laquelle eſt portée l'aiguille des minutes) fait également ſon tour avec elle.

Cette Roue marquée *b* a 30 dents, qui engrénent dans la roue de *Renvoi* marquée *n*. Cette roue-ci a pareillement 30 dents, ce qui fait que ſes tours correſpondent à ceux de la roue des minutes & qu'elles font autant de tours l'une que l'autre.

La roue de *Renvoi* a un pignon de 6 ailes marqué *h*, lequel engréne dans la roue de *Cadran* marquée *f*, laquelle a 72 dents: c'eſt ſur le canon de cette roue de Cadran qu'eſt portée l'aiguille des heures, que l'on ſçait ne devoir faire qu'un tour en 12 heures. Diviſez à préſent 72 par 6, & vous aurez pour quotient 12. Ainſi il eſt aiſé de voir que la roue de Cadran faiſant ſon tour en 12 heures, en fera faire 12 au pignon de la roue de Renvoi, qui communique ce même nombre de tours à la roue des *Minutes*. Par conſéquent ces révolutions de tours conviennent avec le nombre de ceux que doivent faire chaque aiguille; ſçavoir celle des heures, un tour en 12 heures, & celle des minutes, 12 tours pour les 12 heures, ou un tour par chaque heure. Voyons à préſent l'Aiguille des *Secondes*.

On doit ſe reſſouvenir qu'elle eſt portée, par le moyen du canon ſur lequel elle eſt rivée, ſur le bout du pivot de la roue de *Chemp* marquée H, & que cette roue fait 60 tours par heure: or y ayant 60 minutes à l'heure, il eſt évident que la révolution de cette roue ou de cette aiguille autour de ſon cadran eſt d'une minute d'heure; auſſi ſon cadran eſt-il diviſé en 60 parties, dont chaque partie fait une ſeconde, & les 60 ſecondes la minute d'heure.

Fig. 3. Il nous reſte encore à parler de la peſanteur des Poids *b* & *g*, qui ſont de cuivre, & de quelle maniére ils doivent être ſuſpendus, pour pouvoir

être remontés, ſans que pour cela les roues ni les aiguilles ceſſent de marcher.

Il faut en premier lieu avoir un cordon de ſoie, car il vaut mieux qu'un de fil, étant plus maniable & ſe défilant moins. Sa longueur doit être proportionnée à la hauteur où l'on veut placer la Pendule.

Il faut paſſer ce cordon ſur la circonférence & dans les chapes de deux Poulies de cuivre *c*, *f*, bien roulantes ſur leurs axes ou eſſieux, ce qui eſt de conſéquence à obſerver; enſuite on coud les deux bouts de ce cordon enſemble, de maniére qu'il ſoit toujours fléxible en cet endroit & que ſa groſſeur n'en ſoit pas augmentée. Il faut auſſi que ſa groſſeur convienne aux cannelures de toutes les Poulies ſur leſquelles il doit paſſer. Etant ainſi couſu & roulant ſur les deux Poulies *c*, *f*, il devient double; & en le pliant, ſoit par moitié ou autrement, les deux Poulies ſe trouvent ſuſpendues par leur propre poids aux extrémités. On en paſſe d'abord une ſur la Poulie D D qui roule ſur l'axe R de la roue C C, dont nous avons déja parlé (*figure* 1ere) ce qui ſe fait quand on monte le mouvement de la Pendule & avant que d'y mettre la Platine de derriére. Enſuite on paſſe l'autre bout du cordon double, où pend la Poulie *f*, ſur une autre Poulie marquée *d*, qui eſt attachée au bas de la boëte de la Pendule, comme le repréſente la figure 3me, où l'on voit que les deux Poulies *c*, *f*, & les deux bouts du cordon double ſont d'un côté & de l'autre de la derniére Poulie *d*.

Cette Poulie eſt faite comme celle de l'axe R, ayant de même environ un pouce de diamétre, & 5, 7 ou 9 pointes d'acier, pour retenir le cordon & empêcher que les poids ne le faſſent gliſſer ſur cette Poulie, laquelle roule ſur un axe ou eſſieu d'acier, & qui a ſur ſa Platine de derriére un Rochet de laiton qui eſt rivé deſſus, un cliquet d'acier tenu par une vis, ſur lequel il ſe meut librement, & un reſſort de cliquet auſſi d'acier trempé, tenu de même par une vis avec un petit pied ſur ſa queue, pour empêcher qu'il ne change de place, & afin que ſon bout porte toujours ſur le cliquet, & le faſſe entrer dans la dent du Rochet quand on remonte le poids.

Au bas de la Poulie *f*, s'accroche le plus gros poids *g*, dont la peſanteur n'eſt point déterminée: moins il ſera peſant, & mieux ce ſera; il ſuffit qu'il le ſoit aſſez, pour faire continuer au pendule ſes vibrations, lorſqu'on l'a une fois mis en branle. Ce poids eſt creux en dedans, afin de le rendre plus lourd & de le pouvoir charger & décharger à volonté.

Au bas de la Poulie *c*, s'accroche le plus petit poids *b*, dont la peſanteur doit être ſeulement pour pouvoir tenir le cordon *e* en état. Ainſi ce poids eſt tout de cuivre ſans plomb, & ne peſe qu'environ une livre.

Voilà de quelle maniére s'attachent les deux poids *b* & *g*, & que ſe paſſe le cordon *e* ſur la Poulie D D, de la fig. 1re, & ſur celles *d*, *c*, *f*, de la fig. 3me.

Il eſt facile de voir à préſent qu'en tirant le Poids *b*, le mouvement des roues, des aiguilles & du pendule ne ſera point interrompu, parce que le poids *g* tire toujours de la moitié de ſa peſanteur la Poulie D D, & par conſéquent continue le mouvement de la roue C C, qui communique le ſien par le moyen des autres roues, aux aiguilles & au Pendule.

Il n'eſt pas, ce ſemble, néceſſaire de dire que la boëte doit être percée par deſſous pour y pouvoir paſſer le pendule, & lui donner moyen de faire ſes vibrations: cela ſe voit aiſément.

La Pendule étant ainſi toute finie, il n'eſt plus queſtion que de la poſer dans l'endroit où l'on veut qu'elle reſte pour s'en ſervir utilement, ce qui demande plus de précaution qu'on ne penſe. Autant, comme on le peut, il faut que la boëte ſoit de niveau ; mais ce n'eſt pas en cela ſeul que conſiſte la délicateſſe, car ſi la Fourchette n'étoit pas ajuſtée de maniére qu'elle fût bien dans le milieu de l'arc de cercle qu'elle décrit, lorſque les Palettes échappent, ou bien ſi le mouvement n'étoit pas poſé de niveau dans ſa boëte, il ne ſerviroit de rien qu'elle fût placée bien droite. Ainſi c'eſt au pendule ſeul où il faut avoir toute l'attention poſſible, & obſerver que lorſqu'il eſt en repos dans ſa ligne de direction, il ne décrive pas un plus grand arc de cercle d'un côté que de l'autre, lorſqu'on entend le balancier échapper ; car autrement le pendule ſeroit ſujet à s'arrêter, quand même le mouvement ſeroit fait avec toutes les précautions requiſes, & dans le détail deſquelles nous n'entrons point, étant le fait des perſonnes de l'art.

La Pendule ainſi poſée, il ne reſte plus, avant de s'en pouvoir ſervir, qu'à la régler, ce que l'on doit faire ſur le Soleil, ayant égard aux équations ; ou ſur les Etoiles fixes, ayant égard à leur accélération. Ceux qui ont beſoin de la régularité de ces Pendules, ayant ſans doute des principes d'Aſtronomie, ſçavent ce que c'eſt que les équations du Soleil & l'accélération des Etoiles fixes. Ainſi nous n'en dirons rien ici, d'autant que l'on donne tous les ans au Public par ordre de Meſſieurs de l'Académie, des Tables toutes calculées pour régler les Pendules par ces moyens.

Il ſuffit ſeulement de ſçavoir qu'au-deſſus de la Lentille du pendule X, il y en a une autre plus petite marquée *l*, qui gliſſe facilement le long de la Verge V, où on la retient par le moyen de la vis marquée *o*. Lorſque la Lentille retarde, on léve plus haut cette petite Lentille ; & lorſqu'elle avance, on l'abaiſſe.

Paſſons maintenant à la forme ou figure que doivent avoir les Dents des roues & les Ailes des pignons, & comment on doit tracer ſur la Platine la place & le diamétre de chaque roue : c'eſt ce que nous allons expliquer en peu de mots, afin de ſatisfaire quelques perſonnes qui nous en ont requis.

La figure & la proportion de la Denture en général, eſt ce qui ne ſe peut guére décrire ; parce que c'eſt non-ſeulement ſa groſſeur qui en décide, mais encore l'effet à quoi eſt deſtinée la roue & la maniére dont elle engréne avec ſon pignon ; ce qui fait que nous n'en parlerons qu'en termes vagues & généraux.

Nous dirons ſeulement qu'elle ne doit point être trop longue, parce qu'elle ſeroit en ce cas ſujette à ſe fauſſer ; & c'eſt alors ce qu'on appelle des dents de peigne. Elle ne doit point être non plus en molette d'éperon, c'eſt-à-dire, trop pointue ; mais elle doit être droite, fort égale & un peu plus vuide que pleine. Le fond des entre-deux doit être bien quarré & les dents arrondies à peu-près comme celles de la portion de la roue A. Fig. 5.

Il en eſt à peu-près de même des ailes des pignons. On obſerve ſeulement de les faire un peu plus rondelettes vers le bout, comme on le peut voir au pignon B.

Voilà en général ce qui concerne les Pignons & les Roues ordinaires.

Quant à la figure des Dents de la Roue de *rencontre*, elle eſt différente, ainſi que nous l'avons déja dit, & qu'on le voit dans la figure premiére.

Elle doit être droite par devant, & un peu creuſée dans le milieu par le derriére, afin que la Palette ſe dégage mieux en paſſant dedans. Ces dents ſont plus difficiles à former que les précédentes, parce qu'elles font auſſi un effet tout différent. Il faut néceſſairement qu'elles ne ſoient pas plus longues l'une que l'autre, ni moins pointues; & ſur tout qu'elles ſoient parfaitement égales, autrement la Palette s'arrêteroit ſur le bout des plus petites & ne pourroit paſſer, ce qui cauſeroit ſur le champ au pendule un arrêt, que l'on nomme en termes de l'art *accrochement*, qui feroit arrêter tout le mouvement.

La groſſeur des pignons ne mérite pas moins d'attention que leur forme. Car pour peu qu'ils ſoient trop gros ou trop menus, cela cauſe ordinairement au mouvement un arrêt par l'accotement qui ſe forme entre la dent de la roue & les ailes du pignon, & c'eſt à quoi il faut bien prendre garde. Quand même ce défaut ne ſeroit pas ſuffiſant pour cauſer un arrêt au mouvement, il lui cauſeroit toujours d'autres inconvéniens aſſez conſidérables, dans le détail deſquels nous ne pouvons entrer, parce que cela nous méneroit trop loin. Il n'eſt guére poſſible non plus de déterminer cette groſſeur. On ſçait en général qu'elle ſe prend du diamétre de la roue, du nombre de ſes dents & de celui des ailes du pignon. Par exemple, un pignon de 8 ailes qui engréne dans une roue de 80 dents, doit être environ dix fois moins gros que la roue n'eſt grande, parce que la proportion de 8 à 80 eſt dix. Mais ſi ce pignon de 8 ailes engréne dans une roue de 48 dents, il doit être d'environ ſix fois plus petit que la roue, parce que la proportion de 8 à 48 eſt de ſix; & ainſi du reſte pour toutes les autres roues & pignons. Mais ſi la roue méne le pignon, ou ſi c'eſt le pignon qui la méne; ſi ſon engrenage eſt droit, ou s'il eſt oblique, toutes ces différences qui ſe rencontrent dans toutes les machines changent auſſi la groſſeur ou diamétre du pignon. Ainſi on ne peut donner ici que des régles générales; autrement il faudroit entrer dans le détail de chaque roue & de chaque pignon, ce qui ne ſe peut faire aiſément, ſur tout quand on veut abréger matiére.

Voici à préſent ce qui concerne le calibre, & la maniére de le tracer & le percer.

Sur une Platine de ſix pouces de long & trois de large tirez une ligne de haut en bas qui la partage en deux également. Sur cette ligne comme centre, tracez la grande roue à laquelle vous donnerez 32 lignes de diamétre, en obſervant qu'elle n'approche pas plus près le bord d'en-bas de la Platine qu'elle fait les côtés, qui eſt deux lignes. A trois lignes ou environ de la premiére ligne tirée (n'importe que ce ſoit du côté droit ou gauche) & à une bonne ligne du bord de la grande roue comme centre, tracez la ſeconde roue à laquelle vous donnerez 14 lignes de diamétre.

Et ſur la premiére ligne tirée, & à une bonne ligne de diſtance du bord de votre ſeconde roue, tracez comme centre la roue de champ, à laquelle vous donnerez 18 lignes de diamétre.

Enſuite marquez la place des piliers aux quatre coins de la platine, ou pour mieux faire, mettez 6 piliers au lieu de 4, & les deux autres au mi-

lieu du côté de chaque bord de la platine ; cela tiendra mieux la cage en état, & empêchera les Platines de voiler.

Cela étant ainſi marqué, percez les trous du centre de chaque roue, d'environ la moitié plus menus qu'il ne les faut pour les pivots de ces mêmes roues.

Enſuite tracez ſur le derriére de cette Platine les roues des minutes, de renvoi & de cadran ou des heures en cette maniére.

Du centre de la grande roue tracez la roue des minutes, à laquelle vous donnerez environ 10 ou 11 lignes de diamétre.

De la même ouverture de compas tracez ſur le milieu de la largeur de la Platine directement oppoſée à la premiére ligne tirée & au-deſſous de la roue des minutes, la roue de renvoi, de maniére qu'elle anticipe ſur le bord de la roue des minutes, d'environ une ligne. Quant à la roue de cadran, il ne ſera pas fort difficile d'en marquer le diamétre, puiſque ſon centre eſt le même que celui de la roue des minutes, & qu'elle engréne dans le pignon de la roue de renvoi à une ligne ou environ près du centre de cette roue ; ce qui lui donne environ 17 lignes de diamétre.

Le calibre étant ainſi tracé & percé ſur la Platine des piliers, il n'eſt plus queſtion que de le percer pareillement ſur la Platine de derriére. Pour y parvenir, mettez-la ſur la Platine de devant bien juſte de longueur & largeur, & faites-la tenir ainſi poſée avec des tenailles à vis ; après quoi repercez avec les mêmes forets les trous que vous avez marqués ſur la Platine de devant, excepté celui du pivot de la roue de renvoi. Ces trous ainſi percés, croiſez-les l'un ſur l'autre bien droits, afin que la cage étant auſſi montée bien droite, les roues le ſoient dedans & puiſſent tourner très-librement. Enſuite tracez ſur la Platine de derriére la grande roue, la ſeconde roue, & la roue de champ. Tracez-y auſſi, ſi vous voulez, du centre de la grande roue, la poulie à laquelle vous donnerez depuis un pouce de diamétre, juſqu'à un pouce & demi.

Quant à la roue de rencontre, vous la tracerez pareillement, ſi vous voulez, au haut de cette Platine ; mais n'y percez point de trou, & donnez-lui 14 lignes de diamétre.

Ces quatre roues doivent être croiſées, c'eſt-à-dire, évuidées par le milieu afin d'être moins peſantes. On les croiſe ordinairement en trois, & quelque fois en quatre, ce qui n'en eſt que mieux.

Quant à l'épaiſſeur de ces roues, la grande a environ une ligne & demie d'épaiſſeur, la ſeconde près d'une ligne, & les roues de champ & de rencontre chacune une demi ligne. Le champ de ces deux derniéres doit avoir environ trois lignes de largeur. Les roues des minutes, de renvoi & du cadran, doivent avoir auſſi environ une demi ligne d'épaiſſeur.

Tel eſt en abrégé ce qui concerne le calibre de ces piéces, la briéveté que nous nous ſommes propoſée, ne nous permettant pas d'entrer dans un plus long détail.

L'uſage de cette Pendule pour l'Aſtronomie eſt facile. On remarque au cadran l'heure, la minute & la ſeconde. On compte enſuite les vibrations ou battemens du pendule, pour déterminer l'heure préciſe des obſervations ; mais il faut que la Pendule ſoit bien réglée ſur le mouvement des Aſtres.

Finiſſons

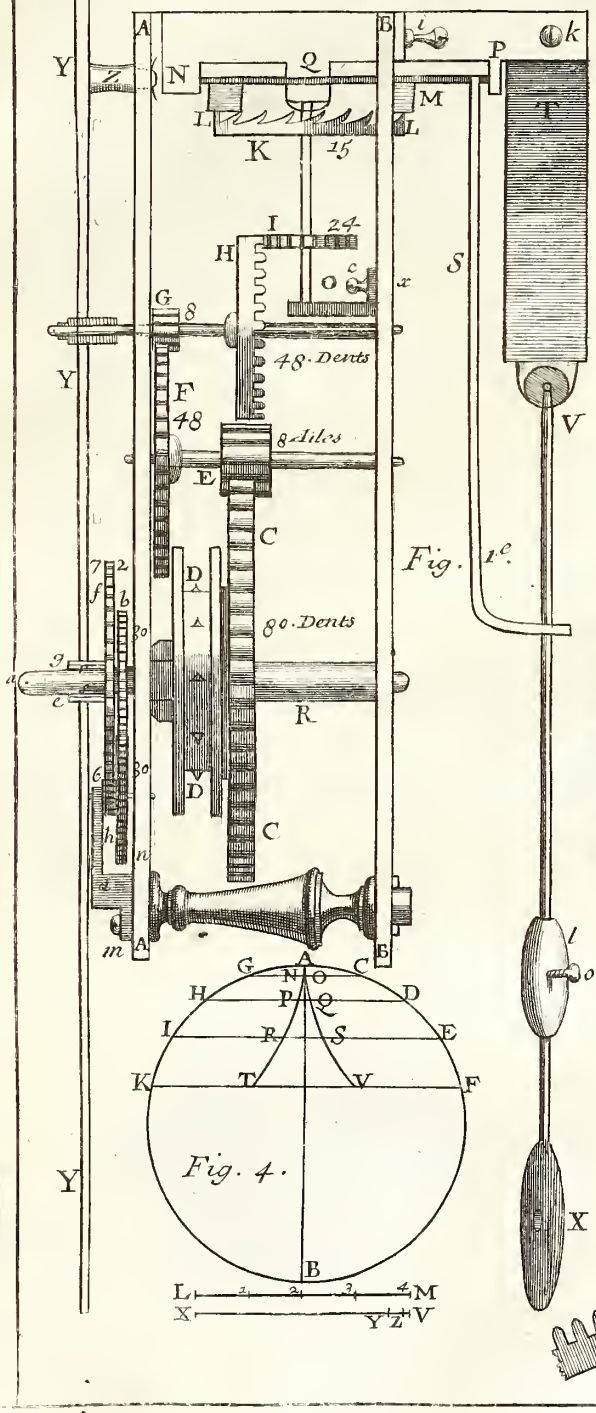
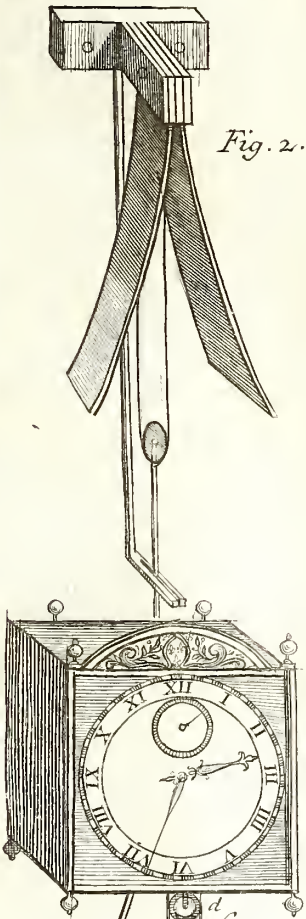


Fig. 2.



d
fig. 3.

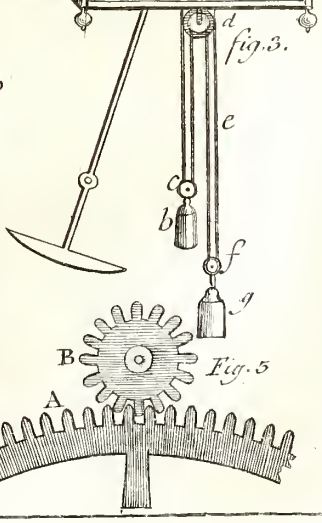


Fig. 5

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DES INSTRUMENS QUI SERVENT A LA NAVIGATION.

LIVRE SEPTIÉME.

CHAPITRE PREMIER.

De la conſtruction & des uſages de la Bouſſole marine.

XXIII. Planche. Fig. 1.

LA figure premiére repréſente une *Roſe de Bouſſole*, que les Marins nomment auſſi *Compas de route*. Son bord extérieur repréſente l'Horiſon du monde. Il ſe diviſe quelquefois en 360 dégrés, & le plus ſouvent il n'eſt diviſé qu'en 32 parties égales, comme celle-ci, pour les 32 airs de vent, dont les quatre principaux nommés *vents cardinaux*, ſe croiſent à angles droits; ſçavoir, le *Nord* ou *Septentrion*, lequel ſe diſtingue par une Fleur-de-lis; le *Sud* ou *Midi*, qui lui eſt oppoſé; l'*Eſt* ou l'*Orient* à droite; & l'*Oueſt* ou l'*Occident* à gauche, quand on regarde le Nord. Diviſant enſuite chacun de ces eſpaces en deux parties égales, on a les huit Rumbs de vent, qui ſont des lignes Héliſphériques ou Spirales, qui repréſentent les trente-deux vents ſur la Bouſſole

ou sur les Cartes marines. Divisant encore chaque espace en deux, on a les huit demi-Rumbs ; & enfin subdivisant chacune de ces huit parties en deux, on a les seize quarts de vent. Les quatre Rumbs collatéraux empruntent leurs noms des quatre principaux vents, chacun prenant pour nom les deux noms de ceux qui leur sont plus proches ; ainsi le Rumb qui est au milieu entre le Nord & l'Est, s'appelle *Nord-Est* ; celui qui est entre le Sud & l'Est, se nomme *Sud-Est* ; celui qui est entre le Sud & l'Oüest, s'appelle *Sud-Oüest* ; & celui qui est entre le Nord & l'Oüest, se nomme *Nord-Oüest*.

Pareillement chacun des huit Demi-Rumbs de vent porte le nom des deux Rumbs qui lui sont les plus proches ; ainsi celui qui est entre le Nord & le Nord-Est, s'appelle *Nord - Nord - Est* ; celui qui est entre l'Est & le Nord-Est, se nomme *Est-Nord Est* ; celui d'entre l'Est & le Sud-Est, s'appelle *Est-Sud-Est* ; & ainsi des autres.

Enfin chacun des quarts de vents a son nom composé des Rumbs ou demi-Rumbs qui lui sont les plus proches, en ajoûtant le mot de *Quart* après le nom du Rumb, qui lui est le plus proche. Par exemple, le Quart le plus proche du Nord du côté du Nord-Est, se nomme *Nord-Quart Nord-Est* ; celui qui est plus proche du Nord-Est vers le Nord, se nomme *Nord-Est Quart-Nord*, & ainsi des autres, comme ils sont marqués en abrégé autour de la Rose.

Les noms des vents qui sont sur la Rose n'ont pas les mêmes noms sur toutes les Mers ; sur la Méditerranée Nord s'appelle *Tramontane* ; Nord-Est, *Greco* ; Est, *Levante* ; Sud-Est, *Siroco* ; Sud, *Ostro* ; Sud-Oüest, *Libecio* ; Oüest, *Ponente* ; Nord-Oüest, *Maestro*, & leurs subdivisions prennent les noms des voisins comme sur notre Rose.

Chaque Quart de Rumb contient 11 dégrés 15 minutes, les demi-Rumbs 22 dégrés 30 minutes, & les Rumbs entiers 45 dégrés.

L'intérieur de cette Rose, qui est supposé double, est pareillement divisé en 32 parties égales par autant de rayons, qui marquent les mêmes vents, & son milieu qui est collé sur un carton, a un mouvement libre sur son pivot, pour s'en servir lorsqu'on a reconnu la déclinaison ou la variation de l'Aiguille aimantée. On remarquera que l'extérieur de cette Rose se place sur le bord de la boëte.

La figure 2me représente une piéce d'acier en lozange qui sert d'Aiguille aimantée, & que l'on attache sous la Rose mobile avec deux petits clous. Il ne faut pas la coller, comme font quelques-uns, parce que cela cause une roüille qui est fort contraire à la vertu de l'aimant ; un des bouts du grand diamétre doit être précisément sous la Fleur-de-lis, & être touché par une bonne pierre d'aimant ; de sorte que ce bout-là se dirige vers le Nord du Monde. Nous avons expliqué la maniére de toucher les Aiguilles en parlant des pierres d'Aimant & de la Boussole. Fig. 2.

On prétend que le carton qui est attaché sur la lozange s'affaisse quand une humidité continuelle se fait sentir, ce qui peut arrêter le mouvement libre de la Rose. Pour éviter cet inconvénient, on pourra coller une feuille de talc ronde très-mince, à cause qu'il n'est pas si sujet à l'humidité que le carton, entre deux ronds de papier, dont celui de dessus sera la Rose, & à celui de dessous on attachera l'Aiguille. On pourroit aussi plier un fil d'acier ou évuider une plaque en figure circulaire, qui auroit deux pointes dia-

métralement oppoſées, & qui ſeroient poſées comme l'aiguille en lozange. En ce cas le carton étant également ſoutenu par tout, l'humidité ne le pourra faire voiler. La figure 11me fera connoître ce qui vient d'être dit.

La petite piéce qui eſt au milieu du lozange à l'endroit marqué B, eſt ce qu'on appelle la *chape de l'aiguille*. Elle eſt faite de cuivre & creuſée en forme de cône ; on l'applique au centre de la Roſe, & on la fait tenir avec de la colle.

Fig. 3. La figure 3me repréſente la Bouſſole entiére. C'eſt une boëte ronde de bois d'environ 6 à 7 pouces de diamétre & 4 de profondeur ; on la fait quelquefois quarrée.

Il y a deux cercles de cuivre, dont le plus grand eſt attaché à la boëte par deux pivots, aux endroits marqués B.

L'autre cercle eſt attaché par deux autres pivots qui traverſent leſdits cercles diamétralement aux endroits marqués C ; & ces deux pivots vont aboutir à deux trous qui ſont percés au milieu & vers le haut d'une autre eſpéce de boëte, concave en dedans & convéxe en dehors, comme une calotte, & chargée de plomb au fond de ladite calotte, dans laquelle on met la roſe. Il faut que cette boëte & les deux cercles ayent un mouvement fort libre, en ſorte que la grande boëte marquée A, étant poſée à plat, tel mouvement que faſſe le vaiſſeau, la boëte intérieure ſoit toujours horiſontale & en équilibre. Au milieu du fond de cette boëte eſt placé un pivot de cuivre bien droit & bien pointu, ſur lequel on poſe la chape qui porte la roſe, laquelle doit avoir un mouvement très-libre, & l'aiguille étant frotée d'aimant, comme nous avons dit, la fleur-de-lis tendra vers le Nord, & tous les autres Rumbs de vent ſeront tournés vers les autres parties du monde. On poſe un verre qui couvre la roſe, afin que le vent ne l'agite point.

Il y a auſſi dans chaque vaiſſeau une Bouſſole, qui ſert à connoître la déclinaiſon ou variation de l'Aiguille aimantée. Elle eſt faite comme celle dont nous venons de parler ; mais le bord extérieur de la roſe doit être diviſé en 4 fois 90 dégrés, en commençant du Nord & du Sud à droit & à gauche. Il doit y avoir deux pinules mobiles autour de la boëte pour regarder les Aſtres, & on tend un fil d'une pinule à l'autre qui paſſe par deſſus le centre de la roſe, de ſorte que quand on regarde un Aſtre par les deux pinules, le fil qui traverſe la roſe repréſente le rayon de l'Aſtre. Ces ſortes de Bouſſoles s'appellent auſſi *Compas de variation.*

XXIV. Planche. Fig. 2. Il ſe fait auſſi de ces ſortes de Compas, dont ſe ſervent les Pilotes ; c'eſt une boëte quarrée un peu plus haute qu'à l'ordinaire ; on y fait deux ouvertures vers le haut en forme de quarré long A A, & oppoſées diamétralement ; on attache une ſoie au haut d'une de ces fenêtres aux extrémités deſquelles il y a des petits trous percés perpendiculairement ; ayant paſſé cette ſoie par les deux trous d'une de ces pinules, on la tend de maniére qu'elle paſſe ſur le milieu du verre qui couvre la Bouſſole, & qu'elle puiſſe donner juſte au milieu de la chape de la roſe ; puis l'autre bout de la ſoie étant paſſé dans les deux petits trous de l'autre pinule, on l'arrête bien fixe ; les cercles de ſuſpenſion ſont à cette Bouſſole les mêmes qu'à la premiére que nous avons décrite, mais les pivots ſont diſpoſés comme on les voit en C C.

Description d'une Boussole qui se suspend au plancher.

POur éviter l'embarras des cercles & des pivots de laiton, afin de tenir toujours la Boussole de niveau, on en fait qui se suspendent au plancher de l'habitacle du vaisseau, dont la construction est une boëte ronde suspendue à son centre de gravité par le moyen d'une courroie de cuir ou une bande de laiton mince avec un anneau : cette boëte est renversée & le verre est dessous, de sorte que le Pilote étant couché ou se promenant, voit les différens mouvemens du vaisseau par la situation de la rose, qui est dans cette boëte ; cette rose, au lieu d'être au-dessus de la chape & de l'aiguille aimantée, est au dessous. Il est à remarquer qu'il faut que cette rose soit gravée de maniére que *Est* soit à gauche & *Ouest* à droite, & les autres vents à proportion, afin qu'étant collés en dessous, les vents soient dans leur situation naturelle. Il faut ajuster le pivot qui porte la rose dans une petite piéce de bois comme le moule d'un bouton, & le coller au milieu du verre qui couvre la Boussole, & que la rose étant posée sur ce pivot, le verre soit arrêté bien juste dans la rainure, *figure 3 de la planche 24.*

Il y a aussi dans chaque vaisseau plusieurs petites Boussoles qu'on nomme *Volans* ; ce sont de petites roses flottantes sur leurs pivots, comme celle dont nous avons donné la description ; ces Boussoles simples & légéres servent sur les chaloupes. Fig. 4.

Usage de la Boussole.

AYant reconnu sur une Carte marine la route que doit tenir le vaisseau, pour aller au lieu proposé, & la Boussole étant affermie dans la chambre du pilote, de maniére que les deux côtés paralléles de la boëte quarrée soient arrêtés selon la longueur du Navire, c'est-à-dire, parellélement à la ligne, qui s'étend de la poupe à la proue, on marquera d'une croix ou autre marque le milieu du côté de la boëte perpendiculaire à la longueur du vaisseau & le plus éloigné de la poupe, afin que par ce moyen on puisse diriger son gouvernail.

Supposons, par exemple, que nous partions de l'Isle d'Ouessant, sur les confins de la Bretagne, à l'Occident de Brest, & que nous voulions naviger vers le Cap de Finistere en Galice ; nous cherchons premiérement sur une Carte marine réduite de la maniére que nous le dirons ci-après, quelle doit être la direction du Navire, & nous remarquons que la route se doit faire entre le Sud-Ouest & le Sud Sud-ouest, c'est-à-dire, selon la ligne qui tend du Sud-ouest Quart au Sud. C'est pourquoi ayant le vent propre on tournera le gouvernail du Navire exactement à la croix marquée sur le bord du cadre de la Boussole ; & ce qui est admirable, c'est que par ce moyen il sera facile de diriger la route du vaisseau de nuit comme de jour ; dans une chambre fermée, comme si on étoit à l'air ; dans un tems obscur ou serein ; de sorte que l'on pourra toujours reconnoître si le Navire s'écarte de la route qu'il doit tenir.

De la variation ou déclinaison de l'Aimant.

L'Expérience nous a fait connoître que l'Aiguille aimantée décline du vrai Septentrion, c'est-à-dire, que la Fleur-de-lis ne tend pas exactement au Nord du monde, mais qu'elle s'en écarte quelquefois vers l'Orient,

d'autrefois vers l'Occident, plus ou moins selon les tems & les lieux différens.

Environ l'an 1665, elle n'avoit aucune déclinaison à Paris, au lieu qu'en la présente année 1751, sa déclinaison y est de 17 dégrés 10 minutes Nord-Ouest. C'est pourquoi il faut tâcher d'observer avec soin la déclinaison de l'Aiguille aimantée toutes les fois qu'on en trouve l'occasion favorable, afin d'y avoir égard dans la conduite de la navigation.

Car si la déclinaison de l'Aiguille aimantée étoit, par exemple, de 10 dég. du Nord à l'Ouest dans l'Isle d'Ouessant, que nous avons supposé le lieu du départ du Navire, & que l'on suivît exactement la ligne du Sud-ouest Quart au Sud, au lieu d'aller au Cap de Finistere, on iroit vers une autre contrée plus orientale de 10 dégrés.

Pour y remédier, il n'y a qu'à changer de place sur le cadre de la Bousole la croix qui marque le Rumb de direction, & la reculer vers Est d'autant de dégrés qu'est la déclinaison de l'Aiguille vers Ouest; & ainsi toutes les fois qu'on aura reconnu une nouvelle déclinaison de l'Aimant, il faudra changer le lieu de ladite croix. Quand la boëte est toute ronde, on fait une marque à son corps, vis-à-vis du Nord & du Sud.

Si pareillement un vaisseau part des Sorlingues en Angleterre, pour aller à l'Isle de Madére, nous trouverons sur la Carte marine que la route se doit faire au Sud-sud-ouest; mais si dans ce tems la déclinaison de l'Aiguille aimantée est de 6 dégrés du Nord à l'Est, il faudra reculer d'autant de dégrés vers l'Occident la croix marquée sur le bord de la Bousole, afin de diriger la route du vaisseau en appliquant sur ladite croix le Rumb de la navigation trouvé sur la Carte.

Mais si l'on se sert d'une Bousole dont on puisse changer la position de l'Aiguille aimantée, comme celle à double rose, il faudra arrêter la Fleur-de-lis de la rose des vents, de maniére que sa pointe marque le vrai Nord, & avoir soin de la changer toutes les fois que l'on trouvera du changement à la déclinaison de l'aimant; en ce cas il ne faudra point changer de place la croix qui marque sur le bord de la Bousole le Rumb de direction du vaisseau.

Il est très-nécessaire, principalement dans les voyages de long cours, que les Pilotes fassent souvent des observations célestes, afin d'avoir exactement la déclinaison de l'Aiguille aimantée, non seulement pour bien diriger la route du vaisseau, mais principalement pour sçavoir où l'on est, après avoir essuyé quelque rude tempête, pendant laquelle on aura été contraint de négliger sa véritable route, en se laissant entraîner aux vents & aux courans qui auront obligé de dériver.

Trouver la variation de l'Aiguille aimantée.

IL y a plusieurs moyens de reconnoître la déclinaison de l'aimant, comme par le lever & le coucher d'un même Astre, ou par l'observation de deux hauteurs égales de l'Astre sur l'Horison, parce qu'en ces deux tems il sera également éloigné de la vraie Méridienne du monde, ou bien par son passage au Méridien.

Mais tous ces moyens sont peu usités sur mer, premiérement parce que ne pouvant sçavoir assez précisement le tems que le Soleil ou un autre Astre

passe par le Méridien, on est obligé d'employer beaucoup de tems pour découvrir par plusieurs observations, quelle est la plus grande hauteur du Soleil, c'est-à-dire, sa hauteur méridienne.

Secondement, parce que le Soleil peut considérablement changer de déclinaison, & le Navire de latitude entre deux observations de ses hauteurs égales sur l'Horison, ou entre son lever & son coucher.

On peut trouver la variation de l'Aiguille aimantée plus promtement par une seule observation des amplitudes des Astres. Mais il en faut connoître la déclinaison, ainsi que la latitude du lieu où l'on est. Nous donnons à la fin de ce Chapitre des Tables des déclinaisons du Soleil & des principales Etoiles de l'un & l'autre Hémisphere, le tout calculé pour le premier Méridien, c'est-à-dire, celui de l'Isle de Fer, laquelle est la plus occidentale des Canaries, avec la maniére de s'en servir pour les tems & les lieux dont on aura besoin; nous y joignons une Table des Amplitudes ortives & occases pour toutes les élévations de Pôle jusqu'au 66 dégré & demi, qu'on pourra continuer jusqu'au 90 dégré par les préceptes qui y sont joints.

L'*Amplitude orientale* d'un Astre est l'arc de l'Horison compris entre le point où il se leve & le vrai Est; & l'*Amplitude occidentale* est l'arc de l'Horison compris entre le point où il se couche & le vrai Oüest.

Les Astres, dont la déclinaison est septentrionale, ont aussi leur Amplitude septentrionale, & ceux qui l'ont méridionale ont leur Amplitude du même côté. Plus les Astres ont de déclinaison, & plus ils ont d'amplitude; les obliquités de la Sphére augmentent aussi les Amplitude des Astres; car dans la Sphére droite les Amplitudes des Astres sont préciſement égales à leurs déclinaisons, & dans la Sphére oblique elles sont plus grandes.

On aura par chaque observation une autre Amplitude de l'Astre, que l'on peut nommer l'*Amplitude observée*, qui est la distance de l'Est de la Bousole, jusqu'au point de l'Horison où l'Astre se leve, ou la distance de l'Oüest de la Bousole, jusqu'au point où il se couche.

Cette Amplitude s'observe en regardant par les ouvertures ou par les pinules du Compas de variation le lever ou le coucher de l'Astre; & comme le fil qui traverse & passe par le centre de l'Instrument, représente le rayon de l'Astre, les dégrés de la rose compris depuis ce fil jusqu'à l'Est ou l'Oüest du Compas ou Bousole, marquent les dégrés de l'Amplitude observée; ensuite comparant l'Amplitude de la Table calculée avec l'Amplitude observée, on connoîtra la variation de l'Aiguille, si elle en a, de la maniére que nous allons l'expliquer.

Supposons un Voyageur en pleine mer le 15 Mai 1725 à 45 dégrés de latitude septentrionale. Par la Table calculée il a vû que la déclinaison septentrionale du Soleil étoit de 19 dégrés & son amplitude orientale de 27 dégrés 25 minutes. Il a observé avec les pinules du Compas de variation cet Astre à son lever, & l'a trouvé entre le 62 & le 63me dégré compté du Nord au Sud de la rose, c'est-à-dire, entre le 27 & le 28me dégré compté de l'Est; & comme en ce cas l'Amplitude observée est égale à l'Amplitude calculée, il a dû conclure qu'en cet endroit & en ce tems-là l'Aiguille n'avoit point de déclinaison.

Mais si le Soleil a paru se lever entre le 52 & 53me dégré compté du Nord à l'Est, son amplitude observée aura dû être de 37 à 38 dégrés, c'est-à-dire, de 10 dégrés plus grande que celle de la Table calculée, par

où l'on connoît que l'Aiguille aimantée décline du Nord à l'Eſt de 10 dég.

Si au contraire l'Amplitude orientale obſervée étoit moindre que la calculée, leur différence marqueroit la déclinaiſon de l'Aiguille du Nord à l'Oueſt. Car ſi l'amplitude obſervée eſt plus grande que la vraie, cela vient de ce que l'Eſt de la Bouſſole ſe reculant du Soleil vers le Sud, la Fleur-de-lis de la roſe s'approche de l'Eſt, & donne la variation Nord-eſt. La raiſon pour le contraire eſt également évidente.

Si l'Amplitude orientale calculée, eſt du côté du Sud, auſſi bien que l'Amplitude obſervée, & que celle-ci ſoit la plus grande, la déclinaiſon de l'Aiguille ſera Nord-oueſt. Si au contraire elle eſt plus petite, la déclinaiſon ſera Nord-eſt d'autant de dégrés que ſera leur différence.

Ce que nous avons dit des Amplitudes orientales Nord, ſe doit entendre des Amplitudes occidentales-Sud; & ce que nous avons dit des Amplitudes orientales-Sud, ſe doit entendre des Amplitudes occidentales-Nord.

Enfin ſi les Amplitudes ſe trouvent de différente dénomination, par exemple, aux Amplitudes orientales, ſi l'Amplitude calculée eſt de 6 dégrés-Nord, & que l'obſervée ſoit de 5 dégrés-Sud, c'eſt une marque que la variation, qui dans ce cas eſt N O, ſe trouve plus grande que la vraie Amplitude, étant égale à la ſomme vraie & obſervée des deux Amplitudes; c'eſt pourquoi les ajoûtant enſemble, on aura 11 dégrés de variation N O. Il en ſeroit de même pour les Amplitudes occidentales.

On peut encore trouver la variation de l'Aiguille aimantée à toute heure par l'azimut d'un Aſtre, ayant ſa hauteur & ſa déclinaiſon avec la latitude du lieu, comme nous l'avons expliqué dans les uſages 26 & 27 du Livre quia pour titre l'*Uſage des Aſtrolabes.*

Ayant expliqué dans notre Traité de l'*Uſage des Globes*, (*Livre 1er ſections 5 & ſuivantes*) tout ce qui appartient à la connoiſſance des déclinaiſons du Soleil & des Aſtres, leurs aſcenſions droites & obliques, leurs parallaxes & leurs réfractions, il ne nous reſte plus pour ce qui regarde la navigation, que de donner des Tables calculées de toutes ces choſes, dont l'application eſt d'une ſi grande néceſſité tant pour connoître la variation de l'Aiguille aimantée, & par conſéquent la Méridienne, la hauteur du Pôle & la latitude, que pour ſçavoir la véritable hauteur des Aſtres, dont nous parlerons au chapitre ſuivant. On ſe ſouviendra ſeulement que la déclinaiſon d'un Aſtre eſt ſa diſtance depuis l'Equateur vers le Pôle; ſi elle eſt vers le Nord, on l'appelle ſeptentrionale; ſi c'eſt vers le midi, elle eſt méridionale: Elle ſe compte ſur un Méridien, qui paſſe par le Pôle & le centre de l'Aſtre, & coupe l'Equateur à angles droits.

Un Aſtre qui ne changeroit point de ſituation en longitude, auroit toujours la même déclinaiſon, c'eſt pourquoi le Soleil qui en change tous les jours, (parce qu'il s'éloigne tous les jours du point *Aries* de l'Ecliptique ou Equinoxe de Printems) change auſſi tous les jours de déclinaiſon. Et d'ailleurs comme il s'en faut de 6 heures ou environ qu'il revienne après 365 jours au premier point d'*Aries* à même jour, puiſqu'il faut ajoûter un jour après quatre ans, de ſorte que cette année eſt de 366 jours; il faut avoir des Tables pour quatre ans, afin de s'en ſervir depuis une année Biſſextile juſqu'à l'autre, & de recommencer enſuite dans le même ordre; avec cette différence que dans les années ſéculaires, comme en 1800, il faudra ſe ſervir d'une Table particuliére pour cette année qui eſt trop éloignée.

TABLE

Table de la déclinaiſon du Soleil pour les années biſſextiles 1724, 1728, 1732 *& autres, calculée pour le premier Méridien paſſant par l'Iſle de Fer, pour chaque jour à midi.*

Jours.	Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Sept.		Octob.		Nove.		Décem.	
	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
1	23	5	17	15	7	25	4	43	15	12	22	7	23	8	17	59	8	11	3	10	14	36	21	55
2	23	0	16	58	7	2	5	6	15	30	22	15	23	3	17	43	7	49	3	44	14	55	22	4
3	22	54	16	40	6	39	5	29	15	47	22	22	22	58	17	27	7	27	4	7	15	14	22	12
4	22	47	16	22	6	16	5	52	16	4	22	29	22	53	17	12	7	5	4	30	15	33	22	20
5	22	41	16	4	5	53	6	14	16	21	22	36	22	47	16	56	6	43	4	53	15	51	22	28
6	22	35	15	46	5	29	6	37	16	38	22	43	22	41	16	40	6	20	5	16	16	9	22	35
7	22	27	15	28	5	6	7	0	16	54	22	49	22	36	16	23	5	58	5	39	16	27	22	42
8	22	19	15	9	4	43	7	22	17	10	22	54	22	30	16	6	5	35	6	2	16	45	22	48
9	22	11	14	50	4	19	7	44	17	26	22	59	22	23	15	48	5	12	6	25	17	2	22	54
10	22	4	14	32	3	56	8	6	17	43	23	4	22	15	15	31	4	50	6	47	17	19	23	0
11	21	54	14	12	3	32	8	28	17	58	23	8	22	7	15	13	4	27	7	10	17	35	23	5
12	21	44	13	52	3	8	8	50	18	13	23	12	21	58	14	55	4	4	7	33	17	51	23	9
13	21	34	13	32	2	45	9	11	18	28	23	15	21	49	14	37	3	41	7	56	18	7	23	13
14	21	24	13	11	2	21	9	33	18	43	23	18	21	40	14	18	3	18	8	18	18	23	23	17
15	21	13	12	51	1	57	9	54	18	57	23	21	21	30	14	0	2	55	8	40	18	38	23	20
16	21	3	12	30	1	34	10	15	19	11	23	23	21	20	13	41	2	32	9	2	18	55	23	23
17	20	51	12	9	1	10	10	37	19	25	23	25	21	10	13	21	2	8	9	24	19	9	23	25
18	20	39	11	48	0	46	10	58	19	38	23	27	21	0	13	1	1	45	9	46	19	23	23	27
19	20	27	11	27	0	♈ 23	11	19	16	51	23	28	20	50	12	41	1	22	10	8	19	37	23	28
20	20	15	11	6	0	Sept. 1	11	40	20	4	23	♋ 29	20	39	12	22	0	58	10	30	19	50	23	♌ 29
21	20	2	10	45	0	25	12	0	20	16	23	29	20	28	12	2	0	34	10	52	20	3	23	29
22	19	48	10	23	0	49	12	0	20	28	23	29	20	16	11	42	0	Juil. 10	11	13	20	16	23	29
23	19	34	10	1	1	12	12	40	20	40	23	28	20	4	11	22	0	14	11	34	20	28	23	28
24	19	20	9	36	1	36	13	0	20	51	23	27	19	51	11	1	0	Mer. 37	11	55	20	40	23	27
25	19	5	9	16	2	0	13	20	21	2	23	25	19	38	10	40	1	rid. 1	12	16	20	52	23	25
26	18	50	8	54	2	23	13	39	21	12	23	23	19	25	10	19	1	24	12	36	21	3	23	23
27	18	35	8	31	2	46	13	58	21	22	23	21	19	11	9	58	1	47	12	56	21	15	23	21
28	18	19	8	9	3	0	14	17	21	32	23	18	18	57	9	37	2	11	13	16	21	26	23	18
29	18	4	7	47	3	33	14	36	21	41	23	15	18	43	9	16	2	34	13	36	21	36	23	15
30	17	48	0	0	3	56	14	54	21	50	23	12	18	29	8	54	2	57	13	56	21	46	23	11
31	17	32	0	0	4	19	0	0	21	58	0	0	18	14	8	32	0	0	14	16	0	0	23	7

Réduction des Tables pour tout autre Méridien.

POur ſe ſervir de ces Tables ſous tout autre Méridien que celui de l'Iſle de Fer, il faut convertir les heures devant ou après midi de la Régle ci-deſſus en dégrés de longitude, de ſorte que ſi le lieu eſt plus oriental de 15 dégrés, il faudra opérer comme ſi l'on demandoit la déclinaiſon du Soleil à 11 heures du matin ſous l'Iſle de Fer; & ſi le lieu eſt plus occidental de 15 dégrés, il faudra opérer comme ſi l'on demandoit cette déclinaiſon ſous le Méridien de la ſuſdite Iſle à 1 heure après midi. Chaque dégré plus oriental avance de 4 minutes de tems, comme chaque dégré plus occidental retarde de 4 minutes de tems. Ainſi étant, par exemple, 20 dégrés plus vers l'Orient que l'Iſle

Seconde Table de la déclinaiſon du Soleil pour les années communes 1725 *&* 1729, *&c. premiéres après les années biſſextiles.*

Jours	Janvier D.	M.	Février D.	M.	Mars D.	M.	Avril D.	M.	Mai D.	M.	Juin D.	M.	Juillet D.	M.	Août D.	M.	Septem D.	M.	Octob. D.	M.	Nov. D.	M.	Décem D.	M.
1	23	1	17	2	7	30	4	37	15	8	22	6	23	9	18	3	8	17	3	15	14	31	21	53
	Mérid.		Mérid.		Mérid.		Septen.		Septen.		Septen.		Septen.		Septen.		Septen.		Mérid.		Mérid.		Mérid.	
2	22	55	16	44	7	7	5	0	15	26	22	14	23	4	17	48	7	55	3	38	14	50	22	2
3	22	49	16	26	6	44	5	23	15	43	22	21	22	59	17	32	7	33	4	2	15	9	22	10
4	22	43	16	8	6	21	5	46	16	0	22	28	22	54	17	16	7	11	4	25	15	28	22	18
5	22	37	15	50	5	58	6	8	16	17	22	35	22	49	17	0	6	49	4	47	15	46	22	26
6	22	30	15	32	5	34	6	31	16	34	22	41	22	43	16	43	6	26	5	10	16	4	22	34
7	22	24	15	14	5	11	6	54	16	51	22	47	22	37	16	26	5	4	5	33	16	22	22	41
8	22	16	14	55	4	48	7	17	17	8	22	53	22	31	16	9	5	42	5	56	16	39	22	48
9	22	7	14	36	4	25	7	39	17	24	22	58	22	24	15	52	5	19	6	19	16	57	22	54
10	21	57	14	17	4	1	8	1	17	40	23	3	22	17	15	35	4	56	6	42	17	15	22	59
11	21	47	13	57	3	37	8	23	17	56	23	7	22	9	15	17	4	33	7	4	17	32	23	4
12	21	37	13	37	3	14	8	45	18	11	23	11	22	1	14	59	4	10	7	27	17	48	23	9
13	21	27	13	17	2	50	9	7	18	26	23	14	21	52	14	40	3	47	7	49	18	4	23	14
14	21	16	12	57	2	27	9	28	18	41	23	17	21	43	14	22	3	24	8	12	18	20	23	18
15	21	5	12	36	2	3	9	49	18	55	23	20	21	34	14	4	3	1	8	34	18	35	23	22
16	20	53	12	15	1	40	10	11	19	9	23	22	21	25	13	45	2	38	8	57	18	50	23	24
17	20	41	11	54	1	16	10	32	19	23	23	25	21	15	13	26	2	14	9	19	19	5	23	26
18	20	29	11	33	0	52	10	53	19	37	23	27	21	4	13	7	1	51	9	41	19	19	23	27
19	20	17	11	12	0	28	11	14	19	50	23	28	20	53	12	47	1	28	10	3	19	33	23	28
20	20	5	10	50	0	♈ 4	11	35	20	2	23	29	20	42	12	27	1	4	10	25	19	47	23	29
21	19	52	10	28	0	19	11	55	20	14	23	♋ 29	20	30	12	7	0	40	10	46	20	0	23	♑ 29
22	19	38	10	6	0	43	12	15	20	26	23	29	20	18	11	47	0	17	11	8	20	13	23	29
					Septen.																			
23	19	24	9	44	1	7	12	35	20	37	23	28	20	6	11	26	0	♌ 7	11	29	20	25	23	28
24	19	9	9	22	1	30	12	55	20	48	23	27	19	54	11	6	0	31	11	50	20	37	23	27
25	18	54	9	0	1	54	13	15	20	59	23	26	19	42	10	46	0	55	12	10	20	49	23	26
26	18	39	8	38	2	17	13	34	21	9	23	24	19	29	10	25	1	18	12	31	21	1	23	24
27	18	23	8	15	2	41	13	35	21	19	23	22	19	16	10	4	1	42	12	51	21	12	23	22
																			Mérid.					
28	18	7	7	53	3	4	14	12	21	29	23	20	19	2	9	43	2	5	13	11	21	23	23	19
29	17	51	0	0	3	27	14	31	21	38	23	17	18	48	9	22	2	28	13	31	21	34	23	16
30	17	36	0	0	3	50	14	50	21	48	23	14	18	33	9	0	2	52	13	51	21	44	23	12
31	17	19	0	0	4	14	0	0	21	57	0	0	18	18	8	39	0	0	14	11	0	0	23	7

de Fer, ou ſous le Méridien de Paris, on demande la déclinaiſon du Soleil à midi le 25 Mars 1726; & l'on trouve dans la Table pour l'Iſle de Fer à midi.

La déclinaiſon de l'Iſle de Fer à midi le 25 Mars 1726, 1 dég. 48 min. } Différence 23 min. en 24 h.

La déclinaiſon audit lieu à midi le 24 Mars 1726, 1 dég. 25 min. } ou 360 d. en augmentant.

Enſuite faites une Régle de trois, en multipliant 23 minutes de tems par 20 dégrés; & diviſant le produit par 360 dégrés (pour 24 heures de tems) il viendra au quotient une minute & un peu plus, qu'il faut ajoûter à 1 dégré 48 minutes; alors on aura 1 dégré 49 minutes par la déclinaiſon du Soleil à midi ſous le Méridien de Paris le 25 Mars

Troiſiéme Table de la déclinaiſon du Soleil pour les années communes 1726 *&* 1730, *&c. ſecondes après les années biſſextiles.*

Jours	Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Sept.		Octob.		Nove.		Décem	
	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
1	23	Mérid. 2	17	Mérid. 7	7	Mérid. 35	4	Septen. 32	15	Septen. 3	22	Septen. 4	23	Septen. 10	18	Septen. 7	8	Septen. 22	3	Mérid. 9	14	Mérid. 27	21	Mérid. 51
2	22	57	16	49	7	13	4	55	15	21	22	12	23	5	17	52	8	0	3	32	14	46	21	59
3	22	51	16	31	6	59	5	18	15	39	22	20	23	0	17	36	7	38	3	55	15	5	22	8
4	22	45	16	13	6	27	5	41	15	56	22	27	22	55	17	20	7	16	4	18	15	24	22	16
5	22	38	15	55	6	4	6	4	16	13	22	34	22	51	17	4	6	54	4	41	15	42	22	24
6	22	31	15	37	5	40	6	26	16	30	22	40	22	46	16	47	6	32	5	4	16	0	22	31
7	22	24	15	19	5	17	6	49	16	47	22	46	22	40	16	30	6	9	5	27	16	18	22	38
8	22	16	15	0	4	54	7	11	17	4	22	52	22	33	16	13	5	46	5	50	16	36	22	45
9	22	8	14	41	4	30	7	33	17	20	22	57	22	26	15	56	5	24	6	14	16	53	22	51
10	21	59	14	22	4	7	7	55	17	36	23	2	22	19	15	39	5	1	6	37	17	11	22	57
11	21	50	14	2	3	43	8	17	17	51	23	6	22	11	15	21	4	38	7	0	17	28	23	2
12	21	40	13	42	3	19	8	38	18	6	23	10	22	3	15	3	4	15	7	22	17	44	23	7
13	21	30	13	22	2	56	9	0	18	21	23	14	21	55	14	45	3	52	7	45	18	0	23	13
14	21	19	13	2	2	32	9	22	18	36	23	17	21	46	14	27	3	29	8	7	18	16	23	17
15	21	8	12	41	2	9	9	44	18	50	23	20	21	37	14	9	3	6	8	29	18	31	23	20
16	20	57	12	20	1	45	10	5	19	4	23	22	21	28	13	50	2	43	8	51	18	46	23	22
17	20	45	11	59	1	21	10	27	19	18	23	24	21	18	13	31	2	19	9	14	19	1	23	24
18	20	33	11	38	0	57	10	48	19	32	23	26	21	7	13	11	1	56	9	36	19	16	23	26
19	20	21	11	17	0	34	11	9	19	45	23	27	20	56	12	52	1	32	9	58	19	30	23	27
20	20	9	10	55	0	10	11	30	19	58	23	28	20	45	12	32	1	9	10	20	19	44	23	28
21	19	56	10	33	0	♈ 14	11	50	20	10	23	29	20	33	12	12	0	45	10	41	19	57	23	29
22	19	42	10	11	0	Septen. 38	12	10	20	22	23	♋ 29	20	21	11	52	0	22	11	3	20	10	23	♌ 29
23	19	28	9	49	1	1	12	30	20	34	23	29	20	9	11	31	0	♎ 2	11	24	20	22	23	29
24	19	13	9	27	1	25	12	50	20	45	23	28	19	57	11	11	0	25	11	45	20	34	23	28
25	18	58	9	5	1	48	13	10	20	56	23	27	19	45	10	51	0	Mérid. 49	12	6	20	46	23	27
26	18	43	8	43	2	12	13	30	21	7	23	25	19	32	10	30	1	12	12	27	20	58	23	25
27	18	28	8	20	2	35	13	49	21	18	23	23	19	19	10	9	1	Mérid. 36	12	47	21	10	23	23
28	18	12	7	58	3	59	14	8	21	28	23	21	19	5	9	47	1	59	13	8	21	21	23	20
29	17	56	0	0	3	22	14	27	21	38	23	18	18	51	9	26	2	22	13	28	21	32	23	17
30	17	40	0	0	3	46	14	45	21	47	23	14	18	37	9	5	2	45	13	48	21	42	23	13
31	17	24	0	0	4	5	0	0	21	56	0	0	18	22	8	44	0	0	14	8	0	0	23	8

1726. Obſervez qu'on a converti les 24 heures de tems en 360 dégrés, parce qu'il s'agiſſoit d'opérer par une différence de dégré de longitude, & non par une différence d'heure.

Uſage des Tables ci-deſſus.

IL faut ſçavoir ſi l'année pour laquelle on cherche la déclinaiſon du Soleil un certain jour à midi eſt biſſextile, ou ſi elle eſt la premiére, ſeconde, ou troiſiéme après la biſſextile; alors on cherchera dans celle des quatre Tables celle qui convient, & le jour dont il s'agit dans la colonne du mois, vis-à-vis le jour propoſé, on lira la déclinaiſon du Soleil qui ſera méridionale ſi le Soleil eſt dans les ſignes méridionaux ou ſeptentrio-

Quatriéme Table de la déclinaiſon du Soleil, pour les années communes 1727 *&* 1731, *&c. troiſiémes après les années biſſextiles, calculée comme celles ci-deſſus pour le Méridien de l'Iſle de Fer & à midi de chacun jour.*

Jours	Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septem		Octob.		Nove.		Décem.	
	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
1	23	4	17	11	7	41	4	25	14	59	22	1	23	11	18	10	8	28	3	3	14	22	21	49
2	22	58	16	54	7	18	4	49	15	17	22	9	23	7	17	55	8	6	3	26	14	42	21	58
3	22	52	16	36	6	55	5	12	15	35	22	17	23	2	17	40	7	44	3	49	15	1	22	7
4	22	46	16	18	6	32	5	35	15	52	22	25	22	58	17	25	7	22	4	12	15	20	22	15
5	22	49	16	0	6	9	5	58	16	9	22	32	22	53	17	9	6	59	4	35	15	38	22	13
6	22	33	15	41	5	46	6	21	16	26	22	39	22	47	16	52	6	37	4	59	15	56	22	30
7	22	26	15	23	5	23	6	43	16	43	22	45	22	41	16	35	6	15	5	22	16	14	22	37
8	22	18	15	4	4	59	7	6	17	0	22	51	22	35	16	18	5	52	5	45	16	32	22	44
9	22	19	14	46	4	36	7	28	17	16	22	56	22	28	16	1	5	30	6	8	16	50	22	50
10	22	1	14	27	4	12	7	50	17	32	23	1	22	21	15	44	5	7	6	31	17	7	22	56
11	21	52	14	7	3	49	8	12	17	47	23	5	22	14	15	26	4	44	6	53	17	23	23	1
12	21	43	13	47	3	25	8	34	18	2	23	9	22	6	15	8	4	21	7	16	17	39	23	6
13	21	33	13	27	3	2	8	56	18	17	23	13	21	58	14	50	3	58	7	39	17	55	23	11
14	21	22	13	7	2	38	9	18	18	32	23	16	21	49	14	32	3	35	8	1	18	11	23	15
15	21	11	12	46	2	15	9	39	18	46	23	19	21	40	14	13	3	12	8	24	18	27	23	19
16	21	0	12	25	1	51	10	0	19	0	23	22	21	30	13	56	2	48	8	46	18	42	23	22
17	20	49	12	4	1	27	10	22	19	14	23	24	21	20	13	36	2	25	9	9	18	57	23	24
18	20	37	11	43	1	4	10	43	19	28	23	26	21	10	13	17	2	2	9	31	19	12	23	26
19	20	25	11	22	0	40	11	4	19	42	23	27	20	59	12	57	1	39	9	53	19	27	23	27
20	20	12	11	1	0	16	11	25	29	55	23	28	20	48	12	37	1	15	10	15	19	41	23	28
21	19	58	10	39	0	♈ 8	11	45	20	7	23	29	20	36	12	17	0	52	10	37	19	54	23	29
22	19	44	10	17	0	32	12	5	20	19	23	♋ 29	20	24	11	56	0	29	10	58	20	7	23	♌ 29
23	19	30	9	55	0	55	12	25	20	30	23	25	20	12	11	36	0	♎ 5	11	19	20	19	23	29
24	19	16	9	33	1	19	12	45	20	42	23	28	20	0	11	16	0	19	11	40	20	31	23	28
25	19	2	9	10	1	42	13	5	20	53	23	27	19	48	10	56	0	43	12	1	20	43	23	27
26	18	47	8	48	2	6	13	24	21	4	23	25	19	35	10	35	1	6	12	22	20	55	23	25
27	18	32	8	26	2	29	13	43	21	15	23	23	19	22	10	14	1	30	12	42	21	7	23	23
28	18	16	8	3	2	53	14	2	21	25	23	21	19	8	9	53	1	53	13	2	21	18	23	20
29	18	0	0	0	3	16	14	21	21	35	23	18	18	54	9	32	2	17	13	22	21	29	23	17
30	17	44	0	0	3	39	14	40	21	44	23	15	18	39	9	11	2	40	13	42	21	39	23	13
31	17	28	0	0	4	2	0	0	21	55	0	0	18	25	8	49	0	0	14	2	0	0	23	9

male s'il eſt dans les ſeptentrionaux, comme il eſt écrit au haut de chaque colonne. Ceci n'a pas beſoin d'exemple; mais s'il s'agit d'avoir la déclinaiſon du Soleil à une autre heure qu'à midi, il faudra ſuivre les principes que nous poſons.

Il faut ſçavoir ſi la déclinaiſon du Soleil va en augmentant; ce qui arrive depuis les Equinoxes juſqu'aux Solſtices, & en diminuant, depuis les Solſtices juſqu'aux Equinoxes; ſi la déclinaiſon va en augmentant, elle ſera plus grande après midi qu'elle n'eſt marquée par la Table, & devant midi moindre, à proportion qu'il y aura plus ou moins d'heures avant ou après midi. On trouvera cette proportion en faiſant la régle de Trois, dont les termes ſont ainſi. 24 heures... la différence de la déclinaiſon depuis le midi paſſé juſqu'à celui avant lequel on cherche la déclinaiſon,,,, & les heures devant ce midi.

Par exemple, le 18 Mai 1726 sous le Méridien de l'Isle de Fer, pour lequel les Tables sont calculées, on demande la déclinaison du Soleil à 8 heures du soir :

La déclinaison du 18 Mai 1726 à midi 19 dégrés 32 min. } La différence est de 13 m.
La déclinaison du 19 Mai 1726 à midi 19 dégrés 45 min. } en 24 h. en augmentant.

En sorte que si dans 24 heures il y a 13 minutes de différence, combien y en aura-t-il en 8 heures ? Multipliez donc 13 par 8, & divisez le produit par 24 heures, il viendra 4 minutes & un peu plus d'augmentation à ajoûter à la déclinaison de midi du 18 Mai 1726, laquelle étant de 19 dégrés 32 minutes, la somme sera 19 dégrés 36 minutes de déclinaison du Soleil le 18 Mai 1726 à 8 heures du soir.

Comme les déclinaisons des Etoiles servent aussi bien que celles du Soleil, dans la navigation, & qu'on fait les mêmes opérations par les unes que par les autres, nous joignons ici une Table des principales Etoiles de l'un & l'autre Hémisphére.

Table des principales Etoiles dont la déclinaison est du côté du Nord, calculée pour l'année 1700.

	Latitude.			*Longitud.*			*Ascension droite.*		*Declin.*		*Differ. en 100 ans.*	
L'Etoile du Nord au bout de la	D.	M.		D.	M.		D.	M.	D.	M.	M.	
queue de la petite Ourse.	66.	2	N	24.	28	♊	8.	22	87.	44	34.	aj
La Claire des gardes dans l'épaule de la petite Ourse.	72.	51	N	8.	41	♌	223.	7	75.	34	3.	ot
Le bout de la queue de la grande Ourse, ou le premier Cheval du grand Chariot.	54.	25	N	22.	37	♍	203.	56	50.	51	31.	ot
Celle du quarré la plus au Nord vers le col de la grande Ourse.	49.	40	N	10.	59	♌	161.	8	63.	22	32.	ot
La poitrine de Cassiopée.	46.	56	N	3.	43	♈	5.	54	54.	52	34.	ot
La tête d'Andromède.	25.	42	N	10.	12	♈	258.	15	27.	28	34.	aj
Le pied sud d'Andromède.	27.	47	N	10.	4	♈	26.	17	40.	53	30.	aj
La Claire au côté de Persée.	30.	5	N	27.	42	♉	40.	39	48.	23	21.	ot
Capella dans la chévre du chartier *Erichonius*.	22.	50	N	17.	41	♊	73.	42	45.	38	10.	aj
Le bout de l'aile de Pégase.	12.	35	N	5.	3	♈	359.	29	13.	32	34.	aj
Le front d'*Aries*.	9.	57	N	3.	32	♈	27.	40	22.	3	30.	aj
La machoire de la Baleine.	12.	37	S	10.	12	♉	41.	44	2.	56	25.	aj
L'œil du *Taureau* Aldebaran.	5.	31	S	5.	38	♊	64.	4	15.	53	15.	aj
La tête la plus au Nord des *Gemeaux*.	10.	2	N	16.	6	♋	108.	45	32.	27	11.	ot
Le petit Chien, Procion.	15.	57	S	21.	44	♋	110.	56	5.	59	12.	ot
Le cœur du Lion, *Regulus*.	0.	26	N	25.	42	♌	148.	4	13.	24	29.	ot
Le bout de la queue du Lion.	12.	18	N	17.	28	♍	173.	29	16.	13	34.	ot
Le bas de la robe de *Bootes*, *Arturus*.	31.	2	N	20.	5	♎	210.	33	20.	48	30.	ot
La Claire de la couronne du Nord.	44.	23	N	8.	3	♍	231.	14	27.	46	21.	ot
La Claire en la Lire.	61.	47	N	11.	8	♑	276.	41	38.	32	4.	aj
La queue du Signe.	59.	56	N	1.	18	♑	307.	52	44.	14	20.	aj
La Claire de l'Aigle.	29.	21	N	27.	34	♑	294.	61	8.	6	13.	aj

Table des principales Etoiles dont la déclinaiſon eſt du côté du Sud, calculée auſſi pour l'année 1700.

	Latitude.			Longitud.			Aſcenſion droite.		Déclin.		Différ. en 100 ans.	
	D.	M.		D.	M.		D.	M.	D.	M.	M.	
Le milieu des trois Rois dans la ceinture d'Orion.	24.	33	S	19.	19	♊	80.	0	1.	25	6.	ot
Le pied d'Orion, appellé *Rigel.*	31.	11	S	12.	42	♊	74.	52	8.	33	10.	ot
Fomahan du Verſeau.	21.	0	S	29.	34	♒	340.	6	31.	7	30.	ot
La Claire de la premiére corne de *Caper.*	7.	2	N	29.	45	♑	0.	17	13.	23	16.	ot
La claire de la queue de la Baleine.	20.	47	S	28.	21	♈	7.	10	19.	37	34.	ot
Le grand Chien, *Sirius.*	39.	30	S	10.	0	♋	98.	0	16.	15	4.	aj
La Luiſante au gouvernail du navire Argo, *Canopus.*	75.	0	S	9.	55	♋	94.	8	51.	37		1 aj
Le cœur de l'Hydre.	22.	24	S	23.	11	♌	138.	16	7.	23	25.	aj
L'Epi de la Vierge.	1.	59	S	19.	41	♍	197.	23	9.	35	33.	aj
La Claire de la Balance du Sud.	0.	26	N	10.	56	♎	218.	38	14.	37	27.	aj
Le cœur du Scorpion, *Antares*	4.	28	S	5.	38	♏	242.	50	25.	40	16.	aj

Uſage des Tables de déclinaiſon des Etoiles.

LEs Etoiles ne changent de longitude pendant cent ans que d'environ 1 dégré 26 minutes 24 ſecondes; ce qui fait peu de changement dans leurs déclinaiſons : il n'y aura donc qu'à ajoûter ou retrancher à leur déclinaiſon la quantité de minutes marquées à côté par rapport au nombre d'années écoulées depuis l'an 1700.

On demande, par exemple, la déclinaiſon de *Capella* en 1726. Dans la Table elle a 45 dégrés 38 minutes de déclinaiſon, laquelle va en augmentant de 10 minutes pour cent ans; il faut donc ajoûter le quart de 10 minutes ou un peu plus pour vingt-ſix ans, & l'on aura 45 dégrés 40 minutes 30 ſecondes de déclinaiſon pour *Capella* en 1726.

Le peu de différence qui ſe trouve dans la déclinaiſon des Etoiles en un très-long eſpace de tems, fait qu'il n'y a aucune réduction à faire dans la Table, qui par conſéquent eſt univerſelle pour les tems & les lieux.

On a joint les longitudes, latitudes & aſcenſions droites de ces mêmes Etoiles pour ceux qui voudroient s'en ſervir dans les opérations Aſtronomiques.

Les Planiſphéres céleſtes, dont nous donnons les figures, les conſtructions & les uſages dans notre Livre des uſages des Globes, & dans un Traité particulier, ſeront très-propres à augmenter les Tables ci-deſſus, & à faire connoître les Etoiles.

TABLE ABREGE'E DES AMPLITUDES ORTIVES OU ORIENTALES.

Déc. S.	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
haut.P.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
D. 2	1	0	2	0	3	0	4	0	5	0	6	0	7	0	8	0	9	0	10	0	11	0	12	0
4	1	0	2	0	3	0	4	1	5	1	6	1	7	1	8	2	9	2	10	2	11	2	12	2
6	1	0	2	1	3	1	4	2	5	2	6	2	7	3	8	4	9	4	10	4	11	4	12	4
8	1	0	2	1	3	2	4	3	5	3	6	4	7	5	8	6	9	6	10	6	11	7	12	7
10	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	8	10	10	11	10	12	11
40	1	18	2	37	3	55	5	14	6	32	7	51	9	9	10	28	11	47	13	6	14	25	15	45
41	1	19	2	39	3	59	5	19	6	38	7	58	9	18	10	38	11	58	13	18	14	39	16	0
42	1	20	2	41	4	2	5	24	6	44	8	5	9	26	10	48	12	9	13	31	14	53	16	15
43	1	22	2	44	4	6	5	29	6	51	8	13	9	35	10	58	12	21	13	44	15	7	16	31
44	1	33	2	47	4	10	5	34	6	58	8	21	9	45	11	9	12	34	13	58	15	23	16	48
45	1	25	2	50	4	15	5	40	7	5	8	30	9	55	11	21	12	47	14	13	15	39	17	6
46	1	26	2	53	4	19	5	46	7	12	8	39	10	6	11	33	13	1	14	29	15	57	17	15
47	1	28	2	56	4	24	5	52	7	21	8	49	10	18	11	46	13	16	14	45	16	15	17	25
48	1	30	2	59	4	29	5	59	7	29	8	59	10	30	12	0	13	28	15	2	16	34	18	6
49	1	32	3	3	4	35	6	6	7	38	9	10	10	42	12	15	13	43	15	21	16	55	18	29
50	1	33	3	7	4	40	6	14	7	48	9	21	10	56	12	30	14	5	15	40	17	16	18	52
51	1	35	3	11	4	46	6	22	7	58	9	34	11	10	12	47	14	24	16	1	17	39	19	17
52	1	37	3	15	4	52	6	30	8	8	9	47	11	25	13	4	14	43	16	23	18	3	19	44
53	1	40	3	20	4	59	6	40	8	20	10	0	11	41	13	22	15	4	16	47	18	29	20	13
54	1	42	3	24	5	6	6	49	8	33	10	15	11	58	13	42	15	26	17	11	18	57	20	42
55	1	45	3	29	5	14	6	59	8	44	10	30	12	10	14	3	15	50	17	37	19	26	21	15
56	1	47	3	35	5	22	7	10	8	58	10	46	12	35	14	25	16	15	18	6	19	57	21	50
57	1	50	3	41	5	31	7	22	9	13	11	4	12	56	14	48	16	42	18	36	20	30	22	27
58	1	53	3	47	5	40	7	34	9	28	11	23	13	18	15	13	17	10	19	8	21	6	23	6
59	1	57	3	53	5	50	7	47	9	45	11	42	13	41	15	41	17	41	19	42	21	45	23	49
60	2	0	4	0	6	1	8	1	10	2	12	4	14	6	16	10	18	9	20	19	22	16	24	34
61	2	4	4	8	6	12	8	16	10	21	12	27	14	34	16	41	18	50	20	59	23	11	25	24
62	2	8	4	16	6	24	8	34	10	42	12	52	15	3	17	15	19	28	21	43	23	59	26	17
63	2	12	4	25	6	37	8	50	11	4	13	19	15	37	17	51	20	9	22	29	24	51	27	15
64	2	17	4	34	6	51	9	9	11	28	13	48	16	8	18	31	20	52	23	20	25	48	28	19
65	2	21	4	45	7	7	9	30	11	54	14	19	16	46	19	14	21	43	24	10	26	50	29	28

VOus voyez que 2 dégrés d'élévation de Pôle & 1 dégré de déclinaiſon du Soleil donnent 1 dégré 0 minute d'amplitude ortive & occaſe ; en ſorte que le Soleil ſous cette latitude ou hauteur de Pôle avec la déclinaiſon ſuſdite ſe léve 1 dégré plus loin que le véritable Eſt vers le Nord, & ſe couche 1 dégré plus loin que le véritable Oueſt vers le Nord, quand il eſt dans les ſignes ſeptentrionaux, ou que ſa déclinaiſon eſt ſeptentrionale ; car ſi elle eſt méridionale, il ſe lévera 1 dégré en s'approchant du véritable Eſt vers le Sud, & ſe couchera de même 1 dégré en s'approchant du véritable Oueſt vers le Sud.

Si l'on vouloit augmenter cette Table des amplitudes depuis 10 dégrés juſqu'à 40, ou depuis 65 dégrés juſqu'à 90, pour s'en ſervir par rapport aux Aſtres qui ſont vers l'Equateur & les Pôles du monde, il faudroit faire cette régle de trois ou analogie : Comme le Sinus, complément de la hauteur du Pôle, eſt au Sinus de la déclinaiſon ; ainſi le Sinus total eſt au Sinus de l'amplitude qu'on cherche.

ET OCCASES OU OCCIDENTALES du Soleil & des Etoiles, répondant à leurs déclinaiſons, & aux hauteurs polaires.

Déc. S.	13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24	
haut.P.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
D. 2	13	0	14	0	15	0	16	1	17	1	18	1	19	1	20	1	21	1	22	1	23	1	23	31
4	13	2	14	2	15	2	16	3	17	3	18	3	19	3	20	3	21	3	22	5	23	4	23	34
6	13	4	14	5	15	5	16	6	17	6	18	6	19	7	20	7	21	7	22	9	23	8	23	38
8	13	8	14	9	15	9	16	10	17	10	18	11	19	12	20	12	21	13	22	13	23	14	23	46
10	13	12	14	13	15	14	16	15	17	16	18	17	19	18	20	19	21	20	22	21	23	23	23	53
40	17	5	18	25	19	45	21	5	22	26	23	47	25	9	26	31	27	54	29	17	30	40	31	22
41	17	20	18	42	20	3	21	25	22	48	24	1	25	33	26	57	28	23	29	46	31	11	31	54
42	17	37	19	0	20	23	21	46	23	10	24	34	25	59	27	24	28	50	30	16	31	43	32	27
43	17	55	19	19	20	43	22	8	23	34	25	0	26	26	27	5	29	20	30	49	32	18	33	2
44	18	13	19	39	21	5	22	32	23	59	25	26	26	55	28	25	29	53	31	23	32	54	33	40
45	18	33	20	0	21	28	22	57	24	25	25	55	27	25	28	56	30	27	31	59	33	33	34	20
46	18	54	20	23	21	53	23	22	24	53	26	25	27	57	29	30	31	3	32	38	34	14	35	2
47	19	17	20	47	22	18	23	50	25	23	26	57	28	31	30	6	31	42	33	19	34	57	35	47
48	19	39	21	12	22	45	24	19	25	55	27	30	29	7	30	44	32	23	34	3	35	44	36	35
49	20	3	21	38	23	15	24	51	26	28	28	6	29	45	31	25	33	7	34	49	36	33	37	26
50	20	29	22	7	23	45	25	24	27	7	28	44	30	26	32	9	33	53	35	39	37	26	38	21
51	20	50	22	37	24	17	25	59	27	41	29	24	31	9	32	55	34	43	36	32	38	23	38	19
52	21	16	23	8	24	52	26	36	28	21	30	6	31	57	33	45	35	36	37	29	39	23	40	22
53	21	57	23	42	25	28	27	16	29	4	30	53	32	45	34	39	36	33	38	30	40	49	41	30
54	22	30	24	18	26	7	27	58	29	50	31	43	33	38	35	35	37	34	39	36	41	40	42	43
55	23	5	24	57	26	49	28	43	30	39	32	36	34	35	36	37	38	40	40	47	42	56	44	3
56	23	43	25	38	27	34	29	32	31	32	33	33	35	36	37	42	39	51	42	4	44	19	45	30
57	24	24	26	22	28	29	30	24	32	28	34	34	36	43	38	54	41	10	43	27	45	50	47	4
58	25	7	27	10	29	14	31	20	33	29	35	40	37	54	40	12	42	33	44	59	47	30	48	48
59	25	53	28	5	30	10	32	21	34	35	36	52	39	12	41	37	44	6	46	40	49	21	50	44
60	26	46	28	56	31	10	33	27	36	25	38	10	40	38	43	10	45	47	48	31	51	24	52	53
61	27	39	29	59	32	16	34	39	37	5	39	56	42	11	44	52	47	40	50	36	53	42	55	20
62	28	38	31	1	33	27	35	57	38	31	41	10	43	54	46	46	49	46	52	56	56	20	58	9
63	29	42	32	12	34	46	37	2	40	5	42	54	45	49	48	53	52	8	55	30	59	24	61	26
64	30	52	33	30	36	15	38	58	41	50	44	49	47	57	51	17	54	50	58	43	63	3	65	27
65	32	10	34	55	37	46	40	43	43	46	46	59	50	23	54	2	58	0	62	26	67	36	70	39

Tout de même on aura la déclinaiſon du Soleil, ſi l'on connoît & l'élévation du Pôle & l'Amplitude orientale ou occidentale, en faiſant cette analogie : Comme le Sinus total de l'horiſon eſt au Sinus du complément de l'élévation du Pôle ; ainſi le Sinus de l'Amplitude orientale ou occidentale eſt au Sinus de la déclinaiſon du Soleil.

Par la même raiſon on aura l'élévation du Pôle, ſi l'on connoît la déclinaiſon du Soleil & l'Amplitude orientale ou occidentale, en faiſant cette analogie : Comme le Sinus de l'Amplitude orientale ou occidentale eſt au Sinus de la déclinaiſon du Soleil ; ainſi le Sinus total de l'horiſon eſt au Sinus du complément de l'élévation du Pôle.

Exemple : Suppoſons que le Soleil ſe léve & ait 20 dégrés de déclinaiſon ſeptentrionale, le Pôle élevé de 40 dégrés au-deſſus de l'horiſon, on demande l'Amplitude orrive du Soleil. Cherchez au haut de la Table la déclinaiſon de 20 dégrés, & à côté dans la colonne des hauteurs de Pôle 40 dégrés, conduiſez le doit horiſontalement juſques

ſous

ſous le carreau de la déclinaiſon, vous trouverez 40 dég. 49 min. d'Amplitude ortive. Et par le calcul :

Le Sinus de 50 dégrés, complément de la hauteur du Pôle, eſt 76604. Le Sinus de 20 dégrés, ou de la déclinaiſon eſt 34202. & le Sinus total, 100000. Multipliez donc 34202 par 100000, & le produit 3420200000 étant diviſé par 76604 il viendra au quotient 44647, Sinus de 26 dég. 31 min. pour l'Amplitude cherchée.

Par les logarithmes... 9.8842540 pour le Sinus de 50 d. de hauteur de Pôle.

Ajoûtez enſemble ces 2 derniers logar. } 9.5340517 pour le Sinus de 20 d. de déclinaiſon. } 10.0000000 pour le Sinus total.

19.5340517 Total des deux moyens termes.

Otez-en le premier, il reſtera 9.6497977, logarithme de 26 dég. 31 min. comme on le peut voir dans la Table des Sinus, tangentes, ſécantes & logarithmes, que nous ajoûtons ici pour ne rien laiſſer à deſirer ſur cet article, d'autant plus que nous y avons ſouvent renvoyé, & cela arrivera encore au Livre VIII. qui traitera des Cadrans ſolaires.

Si l'on veut augmenter cette Table des Sinus, & la faire pour les demi-dégrés ou 6mes parties de dégrés, c'eſt-à-dire, la ſupputer de 10 en 10 minutes, il faut prendre la différence des nombres qui répondent aux dégrés immédiatement au-deſſus & au-deſſous des dégrés & minutes que l'on cherche, & faire la régle de Trois, comme nous avons fait pour réduire les déclinaiſons.

Exemple. On demande le Sinus de 48 dégrés 24 minutes. Vous trouverez d'abord le Sinus de 48 dégrés, qui eſt 74314; celui de 49 dégrés, 75471, la différence eſt 1157. Faites cette analogie : Comme 60 minutes ſont à 1157, ainſi 24 minutes ſont à 462. Car multipliant 1157 par 24, & diviſant le produit par 60, il viendra au quotient 462, qu'il faudra ajoûter au Sinus de 48 dégrés, 74314, pour avoir 74776, qui ſera le Sinus de 48 dég. 24 min. Il en eſt ainſi des tangentes, ſécantes, & de leurs Logarithmes.

Que ſi l'on veut avoir le Sinus logarithme d'une fraction, par exemple, de 30 dég. 45 min. cherchez la différence entre les Logarithmes de 30 & 31 dég. qui ſera 0.0128693, laquelle diviſée en 4 pour les minutes de 15 en 15, donnera 32173 pour 15 min. & 96519 environ pour 45 min. Cette ſomme ajoûtée au Logarithme de 30 dégrés donnera 9.7086219 pour Sinus logarithme de 30 dég. 45 min. Ou bien faites cette analogie : Comme 60 (nombre des minutes d'un dégré) eſt à 0.0128693, différence entre le Sinus logarithme de 30 à 31 dég. ainſi 45 (nombre des minutes dont on veut ajoûter le Logarithme à 30 dég.) eſt au 4me nombre qu'on cherche; le quotient donnera 96519 comme ci-deſſus, qu'il faut ajoûter au Logarithme de 30 dég. le total ſera 9.7086319 pour le Sinus logarithme de 30 dég. 45 min. Cette opération n'eſt pas géométrique, mais elle eſt univerſelle & ſans erreur bien ſenſible.

Pour avoir les fractions des Logarithmes des nombres naturels, par exemple, de 57 $\frac{1}{4}$, cherchez dans la Table des Logarithmes la différence entre le Logarithme de 57 & celui de 58, qui ſera 75531, & faites cette analogie : Comme 4 eſt à 75531; ainſi 3 eſt au 4me terme qu'on cherche : le quotient donnera 56648, pour Logarithme de trois quarts;

D.	Sinus	Tang.	Sécant	Log. sin.	Log. tang.
0	0	0	100000	0	0
	1M 29	29	100000	6.4637261	6.4637261
1	1745	1755	100015	8.2418553	8.2419215
2	3490	3492	100061	8.5428192	8.5430838
3	5234	5241	100137	8.7188002	8.7193958
4	6976	6993	100244	8.8435845	8.8446437
5	8716	8749	100382	8.9402960	8.9419518
6	10453	10510	100551	9.0192346	9.0216202
7	12187	12278	100751	9.0858945	9.0891438
8	13917	14054	100683	9.1435553	9.1478025
9	15643	15838	101247	9.1943324	9.1997125
10	17365	17633	101543	9.2396702	9.2463188
11	19081	19438	101872	9.2805988	9.2886523
12	20791	21256	102234	9.3178789	9.3274745
13	22495	23087	102630	9.3520880	9.3633641
14	24192	24933	103061	9.3836752	9.3967711
15	25882	26795	203528	9.4129962	9.4280525
16	27564	28675	104030	9.4403381	9.4574964
17	29237	30573	104569	9.4659553	9.4853390
18	30902	32492	105146	9.4899824	9.5117760
19	32557	34433	105762	9.5126419	9.5369719
20	34202	36397	106418	9.5340517	9.5610659
21	35836	38386	107115	9.5543292	9.5841774
22	37461	40403	107853	9.5735754	9.6064096
23	39073	42447	108636	9.5918780	9.6278519
24	40674	44523	109464	9.6093133	9.6485831
25	42262	46631	110330	9.6259483	9.6686725
26	43837	48773	111260	9.6418420	9.6881818
27	45399	50953	112233	9.6570468	9.7071659
28	46947	53171	113257	9.6716093	9.7256744
29	48481	55431	114335	9.6855712	9.7437520
30	50000	57735	115470	9.6989700	9.7614394
31	51504	60086	116663	9.7118393	9.7787737
32	52992	62487	117918	9.7242097	9.7957892
33	54464	64941	119236	9.7361088	9.8125174
34	55919	67451	120622	9.7475617	9.8289874
35	57358	70021	122077	9.7585913	9.8452268
36	58779	72654	123607	9.7692187	9.8612610
37	60181	75355	125214	9.7794630	9.8771144
38	61566	78129	116902	9.7893420	9.8928098
39	62932	80978	128976	9.7988719	9.9083692
40	64279	83910	130541	9.8080675	9.9238135
41	65606	86929	132501	9.8169429	9.9391631
42	66913	90040	134563	9.8255109	9.9544374
43	68200	93252	136733	9.8337813	9.9696559
44	69466	96569	139016	9.8417713	9.9848372
45	70711	100000	141421	9.8494850	10.0000000

D.	Sinus	Tangen.	Sécante.	Log. sin.	Log. tang.
90	100000	Infinit	Infinit	10.0000000	Infinit
89	99999	343774667	343774682	9.9999999	13.5362739
89	99984	5728996	3729868	9.9999338	11.7580785
88	99939	2863625	2865371	9.9997354	11.4569162
87	99863	1908114	1910732	9.9994044	11.2806042
86	99756	1430067	1433559	9.9989408	11.1553563
85	99619	1143005	1147371	9.9983442	11.0580482
84	99452	951436	956677	9.9976143	10.9783798
83	99255	814435	820551	9.9967507	10.9108562
82	99027	711537	718530	9.9957528	10.8521975
81	98769	631375	639245	9.9946199	10.8002875
80	98481	567128	575877	9.9933515	10.7536812
79	98163	514455	524084	9.9919466	10.7113477
78	97815	470463	480973	9.9904044	10.6725255
77	97437	433148	444541	9.9887239	10.6366259
76	97030	401078	413357	9.9869041	10.6032289
75	96593	373205	386370	9.9849438	10.5719475
74	96126	348741	362796	9.9828416	10.5425036
73	95630	327085	342030	9.9805963	10.5146610
72	95106	307768	323607	9.9782063	10.4882240
71	94552	290421	307155	9.9756701	10.4630281
70	93969	274748	292380	9.9729858	10.4389341
69	93358	260508	279043	9.9701517	10.4158226
68	92718	247509	266947	9.9671659	10.3935904
67	92050	235585	255930	9.9640261	10.3721481
66	91355	224604	245859	9.9607302	10.3514169
65	90631	214451	236630	9.9572757	10.3313275
64	89879	205030	228117	9.9536602	10.3118182
63	89101	196261	220269	9.9498809	10.2928341
62	88295	188073	213005	9.9459349	10.2743256
61	87462	180405	206267	9.9418193	10.2562480
60	86603	173205	200000	9.9375306	10.2385606
59	85717	166428	194160	9.9330656	10.2212263
58	84805	160033	188708	9.9284205	10.2042108
57	83867	153986	183608	9.9235914	10.1874826
56	82904	148256	178829	9.9185742	10.1710126
55	81915	142815	174345	9.9133645	10.1547732
54	80902	137638	170130	9.9079576	10.1387390
53	79864	132704	166164	9.9023486	10.1228856
52	78701	127994	162427	9.8965321	10.1071903
51	77715	123490	158902	9.8905026	10.0916308
50	76604	119175	155572	9.8842540	10.0761865
49	75471	115037	152425	9.8777799	10.0608369
48	74314	111061	149448	9.8710735	10.0455626
47	73135	107237	146628	9.8641275	10.0303441
46	71934	103553	143956	9.8569341	10.0151628
45	70711	100000	141421	9.8494850	10.0000000

1	19508	19891	101959	9.2902357	9.2986618	rumbs
2	38268	41421	108239	9.5828397	9.6172243	
3	55557	66818	120269	9.7447390	9.8248926	
5	83147	149661	179995	9.9198464	10.1851074	
6	92388	241421	261313	9.9656153	10.3827757	
7	98079	502734	512583	9.9915739	10.7013382	

N.	Logarith.	N.	Logarith.
1	0.0000000	51	1.7075702
2	0.3010300	52	1.7160033
3	0.4771214	53	1.7242759
4	0.6020600	54	1.7323938
5	0.6989700	55	1.7403627
6	0.7781512	56	1.7481880
7	0.8450980	57	1.7558749
8	0.9030900	58	1.7634280
9	0.9542425	59	1.7708520
10	1.0000000	60	1.7781512
11	1.0413927	61	1.7853298
12	1.0791812	62	1.7923917
13	1.1139433	63	1.7993405
14	1.1461280	64	1.8061800
15	1.1760913	65	1.8129134
16	1.2041200	66	1.8195439
17	1.2304489	67	1.8260748
18	1.2552725	68	1.8325089
19	1.2787536	69	1.8388491
20	1.3010300	70	1.8450980
21	1.3222193	71	1.8512583
22	1.3424227	72	1.8573325
23	1.3617278	73	1.8633229
24	1.3802112	74	1.8692317
25	1.3979400	75	1.8750613
26	1.4149733	76	1.8808136
27	1.4313638	77	1.8864907
28	1.4471580	78	1.8920946
29	1.4623980	79	1.8976271
30	1.4771213	80	1.9030900
31	1.4913617	81	1.9084850
32	1.5051500	82	1.9138138
33	1.5185139	83	1.9190781
34	1.5314789	84	1.9242793
35	1.5440680	85	1.9294189
36	1.5563025	86	1.9344984
37	1.5682017	87	1.9395192
38	1.5797836	88	1.9444827
39	1.5910646	89	1.9493900
40	1.6020600	90	1.9542425
41	1.6127839	91	1.9590414
42	1.6232493	92	1.9637878
43	1.6334685	93	1.9684829
44	1.6434527	94	1.9731279
45	1.6532125	95	1.9777236
46	1.6627578	96	1.9822712
47	1.6720979	97	1.9867717
48	1.6812412	98	1.9912261
49	1.6901961	99	1.9956352
50	1.6989700	100	2.0000000

Pour avoir le Logarith. d'un nombre pair omis en cette 3e colonne, par exemple, du nombre 148, ajoûtez à 1.8692317, Logarith. de 74, moitié de 148. 0.3010300, Logarith. de 2. vous aurez en total 2.1702617, Logarith. cherché du nombre 148.

Au contraire, pour avoir le nombre du même Log. omis en cette 3e colonne, ôtez 2.1702617, Logarith. donné, de 74, lequel nombre multiplié par 2 donnera 148 pour nombre cherché. 0.3010300, Logarith. de 2, il restera 1.8692317, Logarith.

N.	Log.2 en 2
101	2.0043214
103	2.0128372
105	2.0211893
107	2.0293838
109	2.0374265
111	2.0453230
113	2.0530784
115	2.0606978
117	2.0681859
119	2.0755470
121	2.0827854
123	2.0889051
125	2.0969100
127	2.1038037
129	2.1105897
131	2.1172713
133	2.1238516
135	2.1303338
137	2.1367206
139	2.1430148
141	2.1492191
143	2.1553360
145	2.1613680
147	2.1673173
149	2.1731863
151	2.1789769
153	2.1846914
155	2.1903317
157	2.1958996
159	2.2013971
161	2.2068259
163	2.2121876
165	2.2174839
167	2.2227165
169	2.2278867
171	2.2329961
173	2.2380461
175	2.2430380
177	2.2479733
179	2.2528530
181	2.2576786
183	2.2624511
185	2.2671717
187	2.2718416
189	2.2764618
191	2.2810334
193	2.2855573
195	2.2900346
197	2.2944662
199	2.2988531

Pour avoir les Log. des nomb. pairs omis colonnes 4e & 5e, faites comme à la colonne 3e. Mais pour avoir les Log. des nomb. impairs qui finissent par 5, comme du n. 275 ajoûtez à 1.7403627 Log. de la 5e partie 0.6989700 Log. du n. 5, vous aurez le total 2.4393327, Log. du n. 275 cherché.

Et pour les nombres impairs, terminés par 1. 3. 7. ou 9, comme du nomb. 243, ajoûtez à 1.9084850, Log. de la 3e partie 0.4771213, Logarith. du nomb. 3, vous aurez le total 2.3856063, Log. du n. 243 proposé.

N.	Log.abreg	N.	Log.abreg
201	2.3031961	343	2.5352941
203	2.3074960	347	2.5403295
207	2.3159703	349	2.5428254
209	2.3201463	353	2.5477747
211	2.3242825	359	2.5550944
213	2.3283796	361	2.5575027
217	2.3364597	367	2.5646661
219	2.3404441	371	2.5693739
221	2.3443923	373	2.5717088
223	2.3483049	377	2.5763413
227	2.3560259	379	2.5786392
229	2.3598355	383	2.5831988
231	2.3636120	389	2.5899496
233	2.3673559	391	2.5921768
237	2.3747483	397	2.5987905
239	2.3783979	401	2.6031444
241	2.3820170	403	2.6053050
247	2.3926970	407	2.6095944
249	2.3961993	409	2.6117233
251	2.3996737	413	2.6159500
253	2.4031205	419	2.6222140
257	2.4099331	421	2.6242821
259	2.4132998	427	2.6304279
261	2.4166405	431	2.6344773
263	2.4199557	433	2.6364879
267	2.4265113	437	2.6404814
269	2.4297523	439	2.6424645
271	2.4329693	443	2.6464037
273	2.4361626	449	2.6522463
277	2.4424798	451	2.6541765
279	2.4456042	457	2.6599162
281	2.4487063	461	2.6637009
283	2.4517864	463	2.6655810
287	2.4578819	467	2.6693169
289	2.4608978	469	2.6711728
291	2.4638930	473	2.6748611
293	2.4668676	479	2.6803355
297	2.4727564	481	2.6821451
299	2.4756712	487	2.6875290
301	2.4785665	491	2.6910615
307	2.4871384	497	2.6963564
311	2.4927604	499	2.6981005
313	2.4955443	500	2.6989700
317	2.5013593	600	2.7781512
319	2.5037907	700	2.8450980
323	2.5092025	800	2.9030900
329	2.5171959	900	2.9542425
331	2.5198280	1000	3.0000000
337	2.5276299	2000	3.3010300
341	2.5327544	4000	3.6020600

Au contraire, pour avoir les nombres des Logarith. omis en ces 4e & 5e colonnes, du Logarith. donné, ôtez le Logarith. de 2. ou de 3, ou de 4 ou de 5, comme on verra que le Logarith. donné devra être placé en ces colonnes 4e & 5e. Exemple: On cherche le nombre du Logarith. 2.6618127: il est dans ces colonnes apres 457; pour le chercher entre les impairs, ôtez-en 0.4771213, Logarith. de 3, il restera 2.1846914 Logarith. de 153, lequel nombre multiplié par 3, donnera 459 pour nombre cherché.

Autre exemple, on cherche le nomb. du Log. 2.6042261: il est dans les colonnes 4e & 5e entre 401 & 403, par conséquent pair. Ainsi ôtez-en 0.3010300 Log. restera 2.3031961, Log. de 201, lequel multiplié par 2, donnera 402 pour le nombre cherché.

lequel quotient ajoûté au Logarithme ci-dessus de 47, donnera 1.7615397, pour Logarithme de 57 trois quarts. C'est ainsi qu'on trouve les Logarithmes des nombres indivisibles par des entiers, comme de 501, en ajoûtant au Logarithme de 500, la moitié de la différence entre ce Logarithme de 500 & celui de 502. Au contraire, ayant le Logarithme ci-dessus 1.7615397, vous en aurez le nombre & sa fraction, en ôtant 1.7558740, Logarithme de 57 moindre & plus voisin de cette somme en la Table, & il restera 56648 pour la fraction, que vous trouverez en faisant cette régle: Si 75531 donnent 4. combien 56648? Le quotient sera 3 à ajoûter à 57, & vous aurez 57 trois quarts que vous cherchiez. Cette méthode convient aux fractions des Sinus, tangentes, &c. & est universelle sans grande erreur.

CHAPITRE II.

De la conſtruction & de l'uſage des Inſtrumens qui ſervent à obſerver la hauteur des Aſtres.

De l'Aſtrolabe de mer.

XXIII. Planche. Fig. 4. LE plus ordinaire des Inſtrumens pour prendre hauteur en mer, eſt l'Aſtrolabe. C'eſt un cercle de cuivre d'environ un pied de diamétre, & de 6 à 7 lignes d'épaiſſeur, afin qu'il ait du poids : quelquefois on y attache encore un poids de 5 à 6 livres à l'endroit marqué B, afin qu'étant ſuſpendu par ſon anneau A, qui doit être bien mobile, il ſe puiſſe tourner facilement de toutes parts, & garder la ſituation perpendiculaire pendant les mouvemens du Navire.

Il eſt diviſé en 4 fois 90 dégrés & fort ſouvent en demis & quarts de dégré.

Il eſt abſolument néceſſaire que la ligne droite C D, qui repréſente l'Horiſon, ſoit parfaitement de niveau, afin d'y pouvoir commencer la diviſion du cercle. Pour l'examiner il faut obſerver par les fentes ou les petits trous des pinules F G, qui ſont attachées vers les extrémités de l'alidade qui tourne librement par le moyen d'un clou à tête autour du centre E, il faut, diſons-nous, obſerver un même objet éloigné, en mettant l'œil à l'une deſdites pinules. Après avoir tourné l'Aſtrolabe, ſi le même objet ſe voit toutes les deux fois ſans changer l'alidade, c'eſt une marque que la ligne de foi convient avec l'Horiſon. Mais, ſi pour voir une ſeconde fois le même objet, il faut mouvoir l'alidade, c'eſt-à-dire, la hauſſer ou baiſſer, le point milieu entre ces deux poſitions marquera la vraie ligne horiſontale, paſſant par le centre de l'Inſtrument ; ce qu'il ſera bon de vérifier par pluſieurs obſervations réitérées avant de commencer la diviſion qui ſe fera de la maniére que nous avons expliqué ci-devant.

Uſage de l'Aſtrolabe.

POur obſerver la hauteur des Aſtres ſur l'Horiſon, & leur diſtance du Zénith, qui en eſt le complément, on ſuſpend l'Aſtrolabe par ſon anneau & l'on tourne ſon côté vers l'Aſtre, en hauſſant un des bouts de l'alidade F. juſqu'à ce que le rayon de l'Aſtre paſſe par les deux pinules FG ; alors l'alidade marquera par ſes extrémités, autour du cercle diviſé, la hauteur de l'Aſtre H, depuis C juſqu'en F, compris entre le rayon horiſontal E C, & le rayon de l'Aſtre E F, parce que cet Inſtrument dans cette ſituation repréſente un vertical. La diviſion B G ou A F marquera la diſtance de l'Aſtre au zénith.

Conſtruction de l'Anneau.

Fig. 5. C'Eſt un cercle de cuivre, qui ſe fait de 8 à 10 pouces de diamétre. Il eſt néceſſaire qu'il ſoit d'une bonne épaiſſeur, afin qu'étant plus pe-

ſant il conſerve mieux ſa ſituation perpendiculaire ; la diviſion ſe marque dans ſa ſurface concave. Il y a un petit trou en C , qui traverſe l'Anneau parallélement à ſon plan. Ce trou eſt éloigné de 45 dégrés du point de ſuſpenſion B , & il eſt le centre d'un Quart-de-cercle D E , diviſé en 90 dégrés. Un de ſes rayons C E eſt paralléle au diamétre vertical B H , point de ſuſpenſion ; & l'autre rayon horiſontal eſt perpendiculaire au méme diamétre.

Nous ne diſons rien ici de la préciſion avec laquelle on doit avoir ce diamétre. L'habileté de l'ouvrier y ſuppléera facilement. Enſuite on tire des rayons du centre C à tous les dégrés du quart de cercle DE , pour les marquer dans la ſurface intérieure de l'Inſtrument , depuis F juſqu'en G. On peut faire cette diviſion à part ſur un plan , puis la tranſporter bien exactement dans la concavité du cercle.

Ce qui fait eſtimer cet Inſtrument , c'eſt que les dégrés de la diviſion ſont plus grands à proportion de ſa grandeur , que ceux de l'Aſtrolabe.

Uſage de l'Anneau.

POur ſe ſervir de cet Anneau , il faut le ſuſpendre par la boucle B , & le tourner vers le Soleil A , en ſorte que ſon rayon paſſe par le trou C.

Il marquera au fond de l'Anneau de F en I , les dégrés de la hauteur du Soleil entre le rayon horiſontal C F , & le rayon de l'Aſtre C I : la partie I H G , marquera ſa diſtance au Zénith , entre le rayon C I & le rayon vertical C G.

Du Quart-de-cercle.

L'Inſtrument marqué ici eſt un Quart-de-cercle d'environ un pied de rayon. Il eſt diviſé en 90 dégrés & ſouvent de 5 en 5 minutes par des tranſverſales. Il y a deux pinules ſur un de ſes rayons A E. Le fil où eſt attaché le plomb eſt arrêté au centre A. Nous ne nous étendrons pas ſur la conſtruction de cet Inſtrument , en ayant ſuffiſamment parlé au Chapitre V. du Livre I V. qui traite de la conſtruction du Quarré géométrique. Fig. 6.

Pour s'en ſervir il faut le tourner vers l'Aſtre D , de maniére que ſon rayon D A E paſſe par les deux pinules A & E : alors le fil à plomb qui doit raſer librement les dégrés du Quart de cercle , marquera en C les dégrés de la hauteur du Soleil depuis B juſqu'en C , & ſon complément depuis C juſqu'en E.

De l'Arbaleſtrille.

CEt Inſtrument eſt compoſé de deux piéces , dont l'une marquée A B d'environ trois pieds de long , s'appelle *la Fléche* , & l'autre plus courte marquée C D s'appelle *le Marteau*. Fig. 7.

La Fléche eſt d'ébéne , bien quarrée en tout ſens , de 6 à 7 lignes de groſſeur , & bien égale en toute ſa longueur.

Le Marteau eſt de bois de poirier , bien uni & applani d'un côté ; il a un trou quarré dans ſon milieu , qui doit être plus épais , afin que la Fléche gliſſant dans ce trou , ſoit plus ferme & s'y tienne perpendiculaire au Marteau

La Fléche doit être diviſée en ſa longueur , en dégrés & minutes ſur

chacune de ſes quatre faces, leſquelles ne différent entre elles que dans la grandeur de leurs dégrés, proportionnés à la différente grandeur des Marteaux ; car chaque face doit avoir ſon Marteau particulier.

Le commencement de la diviſion ſe fait vers A, où ſe place l'œil de l'Obſervateur, mais à diſtance d'environ demi-pouce du bout de la Fléche, à cauſe de la convéxité du globe de l'œil, car c'eſt à ſon centre que les principaux rayons des objets ſe vont croiſer.

Le point fixe du commencement de la diviſion doit commencer au centre prolongé du milieu du bâton de la fléche, c'eſt-à-dire, que plus le bâton eſt gros & plus le centre eſt éloigné ; il faut pour cela tirer une ligne du centre du bâton, & quatre lignes du bout des quatre faces, & le point où ils aboutiront ſera l'endroit où doivent commencer les diviſions, & où l'on doit placer l'œil.

Si donc on veut diviſer la face A B pour ſervir au plus grand Marteau C D, il faut chercher dans les Tables calculées les tangentes des dégrés du cercle dont le rayon eſt égal à la moitié de ce Marteau, & du point A, les tranſporter ſur la face A B, & marquer ſur chaque diviſion le nombre qui convient aux tangentes du complément de la moitié de l'arc que l'on veut marquer, par le moyen d'une échelle de mille parties, qui ſoit égale à la moitié du Marteau.

Si, par exemple, on veut marquer ſur la Fléche le point de 90 dégrés : ſa moitié eſt 45, & ſon complément auſſi 45, dont la tangente eſt égale au rayon ; c'eſt pourquoi la moitié du Marteau ſera préciſément égale à la diſtance ; depuis le bout de l'œil A, juſqu'au point de 90 dégrés, car le Demi-marteau eſt le rayon d'un cercle dont les tangentes ſont contenues dans la Fléche, comme il eſt aiſé de le voir par la figure 8me.

Pareillement ſi l'on veut y marquer le point de 80 dégrés, dont la moitié eſt 40, & ſon complément 50, cherchez la tangente de 50 dégrés, & vous trouverez 119175, duquel nombre il faut retrancher les deux dernieres figures, à cauſe que nous avons ſuppoſé le rayon ou Demi-marteau de mille parties égales, au lieu des 100000, qui ſont aſſignées au rayon des Tables. Cette tangente ſera donc preſque 1192, & ayant pris ſur l'échelle 192 parties, il faudra les porter au-delà du point de 90 dégrés, pour marquer 80 dégrés ſur la Fléche. De même, pour y marquer 70 dégrés, la moitié eſt 35, & ſon complément 55, dont la tangente eſt 1428. Il faudra porter l'étendue de 428 parties égales, priſes ſur l'échelle, depuis le point de 90 dégrés pour marquer ſur la Fléche 70 dégrés, & ainſi de tous les autres dégrés & minutes, tant que la Fléche en pourra contenir.

Mais ſi la moitié du grand Marteau eſt de 10 pouces, & la Fléche de deux pieds ſix pouces, on ne pourra pas marquer ſur la face qui lui convient les dégrés au-deſſous de 40, parce que la tangente du complément de 20 dégrés, qui eſt 70 dégrés, eſt de 2747 parties, c'eſt-à-dire, preſque trois fois le rayon.

La moitié du ſecond Marteau étant ſuppoſée de 6 à 7 pouces, on pourra marquer les dégrés ſur la face qui lui convient depuis 90 dég. juſqu'à 30.

Si la moitié du 3me Marteau eſt de 4 à 5 pouces, on pourra marquer ſur la face qui lui convient les dégrés depuis 90 juſqu'à 20. Enfin le 4me,

& plus petit Marteau eſt de deux pouces & demi ; & l'on pourra marquer ſur la face qui lui convient les dégrés depuis 90 juſqu'à 10.

Pour les grandes hauteurs on ſe ſert des grands Marteaux, parce que les diviſions en ſont plus juſtes ; & pour les moindres hauteurs il faut ſe ſervir des petits Marteaux.

Pour trouver la face qui convient à un Marteau, il n'y a qu'à préſenter ſa moitié ſur la Fléche ; ſi elle ſe trouve égale à la diſtance depuis l'extrémité appellée le *bout de l'œil*, juſqu'à 90 dégrés, on aura la face convenable au Marteau.

On peut auſſi marquer mécaniquement les dégrés ſur la Fléche en faiſant un grand Quart de cercle, dont le rayon ſoit auſſi grand que la Fléche A B. Ce Quart de cercle doit être diviſé en dégrés & minutes de 10 en 10 ; & après avoir paſſé la Fléche dans ſon Marteau C D, en ſorte que le plat dudit Marteau ſoit tourné vers l'extrémité A de la Fléche, on l'appliquera ſur le Quart de cercle, de ſorte que le bout A réponde exactement ſur le centre du Quart de cercle, & que le bout D du Marteau ſoit toujours ſur le rayon A F. On approchera doucement le marteau C D du bout A, juſqu'à ce que ſon autre extrémité C touche le rayon A M, qui paſſe par le dégré que l'on veut marquer ſur la fléche, lequel dégré on marquera à l'endroit où raſera le Marteau au point E, & l'on continuera de rapprocher le Marteau du centre A le long du rayon A D F, juſqu'à ce qu'il touche ſucceſſivement les rayons de tous les dégrés, pour les marquer ſur une colonne le long de la fléche A B, en augmentant à meſure qu'ils approchent du bout A. On marquera auſſi les dégrés de complément ſur la même face, ſur une autre colonne, leſquels vont en diminuant de B vers A. On pourra mettre un fil au centre A, pour ſervir de rayon comme A M, en le tendant ſucceſſivement ſur tous les dégrés, à meſure qu'on lui fera toucher le bout C du Marteau. Fig. 7.

On fera la même choſe ſur les autres faces, pour y marquer les diviſions, ſuivant les différens Marteaux. La petite figure P fait voir un Marteau vû de face avec ſon trou.

Voici une Table toute calculée pour diviſer une Fléche dont le Demi-marteau eſt ſuppoſé de 1000 parties égales, leſquelles on doit prendre depuis l'extrémité A de la Fléche, juſqu'à chacun de ſes dégrés.

Table de parties égales dont le Demi-marteau en contient 1000.

D.	Parties	D.	Part.	D.	Part.	D.	Part.	D.	Part.	D.	Part.
1	114589	16	7115	31	3606	46	2356	61	1698	76	1280
2	57290	17	6691	32	3487	47	2300	62	1664	77	1257
3	38188	18	6314	33	3376	48	2246	63	1632	78	1235
4	28636	19	5976	34	3271	49	2194	64	1600	79	1213
5	22904	20	5671	35	3172	50	2144	65	1570	80	1192
6	19081	21	5395	36	3078	51	2097	66	1540	81	1171
7	16350	22	5145	37	2989	52	2050	67	1511	82	1150
8	14301	23	4915	38	2904	53	2006	68	1483	83	1130
9	12706	24	4705	39	2824	54	1963	69	1455	84	1111
10	11430	25	4511	40	2747	55	1921	70	1428	85	1091
11	10385	26	4331	41	2675	56	1881	71	1402	86	1072
12	9514	27	4165	42	2605	57	1842	72	1376	87	1054
13	8777	28	4011	43	2539	58	1804	73	1351	88	1036
14	8144	29	3867	44	2475	59	1767	74	1327	89	1818
15	7596	30	3732	45	2414	60	1732	75	1303	90	1000

Usage de l'Arbaleſtrille.

ON ſe ſert de deux maniéres de cet Inſtrument, pour obſerver la hauteur d'un Aſtre. La premiére maniére eſt d'obſerver l'Aſtre par devant. Alors il faut (après avoir paſſé le Marteau dans la Fléche du côté de ſa face, le côté plat du Marteau étant tourné vers le bout de l'œil A) appuyer ce même bout à côté de l'œil, & regarder l'Horiſon ſenſible par le bout d'en bas D du Marteau D C, ſuivant le rayon viſuel horiſontal ADF. On fait à cet effet gliſſer le Marteau le long de la Fléche en l'approchant ou le reculant de l'œil, juſqu'à ce que l'on voie l'Aſtre par le bout C du Marteau; & alors il marquera ſur la Fléche les dégrés de la hauteur de l'Aſtre, ſur la colonne qui va en augmentant vers 90, ou vers le bout de l'œil A; il marquera auſſi vis-à-vis, la diſtance de l'Aſtre au Zénith, ou le complément de ſa hauteur ſur l'autre colonne, qui va en diminuant vers le bout de l'œil A. Ainſi plus l'Aſtre ſera élevé ſur l'Horiſon & plus le marteau s'approchera de l'œil; au contraire plus il s'en éloignera, & moins l'Aſtre ſera élevé : d'où vous conclurez que la partie de la Fléche du côté de l'œil, eſt vuide de marques juſqu'à la longueur du Demi-marteau dont on ſe ſert.

On prend hauteur par-devant aux Etoiles & au Soleil, lorſque les rayons de ce dernier n'ont guéres de force à cauſe de quelque nuage, en mettant un morceau de verre bruni au-devant de l'œil pour le conſerver des mêmes rayons.

La ſeconde maniére de faire uſage de l'Arbaleſtrille, pour obſerver la hauteur d'un Aſtre, comme du Soleil, c'eſt de regarder l'Aſtre par derriére : ce qui ſe fait en mettant le plat d'un grand Marteau à la place de l'œil en A, de ſorte que ce plat de Marteau ſoit au point, où l'on ſuppoſe l'œil, quand on obſerve par-devant, & qu'il ſoit de plus tourné en dehors de la Fléche; enſuite on paſſera dans la Fléche le plus petit des quatre Marteaux, ſon côté plat vers le grand Marteau. On ajoûtera ſi l'on veut au bout d'en-bas D du grand Marteau une eſpéce de pinule de cuivre, dont la fente ſoit paralléle au plan de l'Horiſon. On fait ordinairement le petit Marteau en croix, dont les croiſillons ou traverſes *a a* ſont coupées au milieu de l'épaiſſeur de la Fléche, comme vous voyez en la figure 12.

L'Arbaleſtrille étant ainſi préparée, il faut tourner le dos au Soleil & regarder l'Horiſon ſenſible par la pinule D, & par-deſſous la traverſe qui eſt au milieu du petit Marteau; en regardant ainſi l'Horiſon on approchera ou reculera ce petit Marteau juſqu'à ce que l'ombre du bout C du grand Marteau ſe termine ſur la traverſe *a a* du petit Marteau, à l'endroit qui répond au milieu de la groſſeur de la Fléche; alors le petit Marteau marquera ſur la Fléche les dégrés de la hauteur du Soleil & de ſon complément.

On ſe ſert plus ſouvent de cette ſeconde maniére d'obſerver la hauteur de l'Aſtre par derriére, parce qu'en ce cas l'œil n'a qu'un ſeul rayon viſuel à obſerver, au lieu qu'il faut en obſerver deux, quand on prend la hauteur par-devant. On voit (Planche 24. fig. 6 & 7) une Arbaleſtrille montée pour obſerver par derriere.

Quand on prend la hauteur par-devant on la trouve trop grande, & quand on la prend par-derriére on la trouve trop petite. Cette erreur eſt égale

Fig. 1

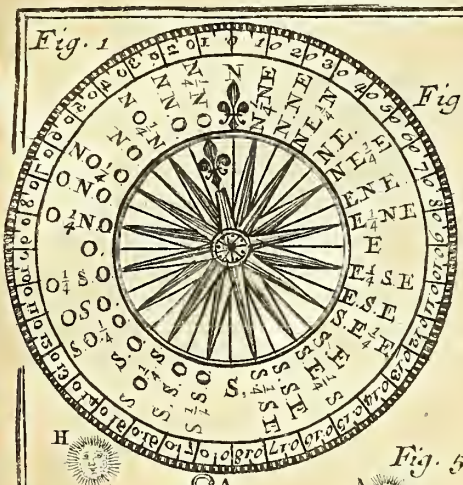


Fig. 2

Fig. 3.

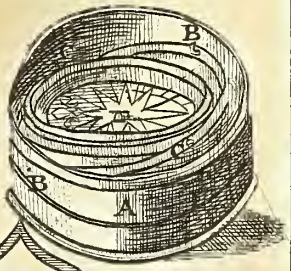


Fig. 11

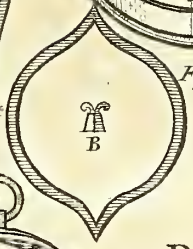


Fig. 4.

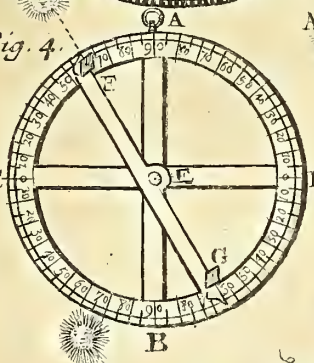


Fig. 5.

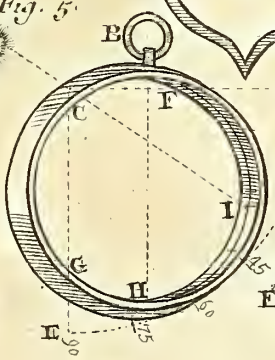


Fig. 6.

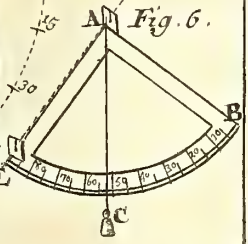


Fig. 7.

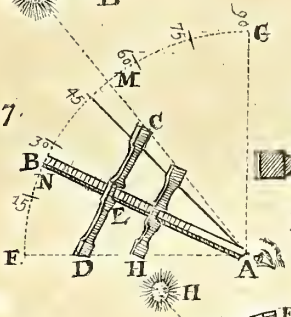


Fig. 8.

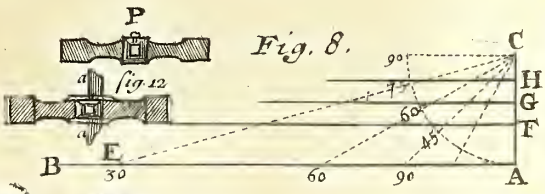


Fig. 9.

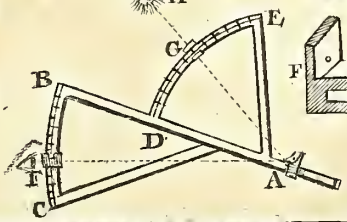
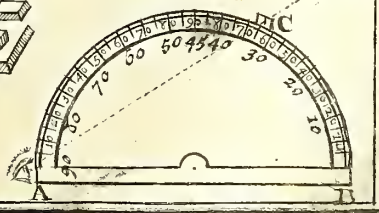


Fig. 10.



égale de part & d'autre, & elle eſt d'autant plus grande que l'on eſt plus élevé au-deſſus de la ſurface de la mer ; tellement que l'élévation d'un pied fait erreur d'une minute, celle de 5 pieds cauſe 2 minutes d'erreur ; l'élévation de 10 pieds, 3 minutes ½ ; celle de 17 pieds, 4 minutes ; celle de 25 pieds cauſe 5 minutes d'erreur ; & enfin celle de 40 pieds fait erreur de 6 minutes.

C'eſt pourquoi nous avons crû devoir ajoûter ici une Table des élévations de l'œil ſur l'Horiſon pour les minutes d'erreur à augmenter ou à ſouſtraire de la hauteur : Et une autre Table des lieues de diſtance depuis le lieu de l'Obſervateur juſqu'où s'étend ſon Horiſon ſenſible, parce que plus l'œil eſt élevé ſur l'Horiſon, plus ſon Horiſon ſenſible a d'étendue, plus auſſi il y a de minutes à ajoûter à la hauteur obſervée par-derriere, & plus à ſouſtraire à la hauteur priſe par-devant.

Table des élévations ſur l'Horiſon, des minutes d'erreur, & des lieues que contient le rayon de l'Horiſon ſenſible.

Pieds d'élévation ſur la mer.	1. 5. 10.	17. 25. 40.	50. 60. 70.	80. 100. 200.	300. 400. 500.
Minutes à ôter par-devant & à ajoûter par-derriere	1. 2. 3.	4. 5. 6.	7. 8. 9.	10. 11. 14.	17. 20. 22.
Lieues juſqu'à l'Horiſ. ſenſib.	$\frac{1}{3}$ $\frac{2}{3}$ 2.	1 $\frac{1}{3}$ 1 $\frac{2}{3}$ 2.	2 $\frac{1}{3}$ 2 $\frac{2}{3}$ 3.	3 $\frac{1}{3}$ 3 $\frac{2}{3}$ 4 $\frac{2}{3}$	5 $\frac{2}{3}$ 6 $\frac{2}{3}$ 7 $\frac{1}{3}$

Soit le Globe de la terre & de la mer D L M, & ſoit un Obſervateur en A élevé au-deſſus de la mer de la quantité A D, & qu'il obſerve par-devant la hauteur de l'Aſtre F, il trouvera l'arc F H, compris par les rayons viſuels A F, A H tirés du point A de l'Obſervation, l'un à l'Aſtre F, & l'autre à l'Horiſon ſenſible en H, touchant la ſurface de la mer ; mais la vraie hauteur ne doit être que depuis l'Aſtre F juſqu'à la véritable ligne horiſontale A B. Donc la hauteur F A H priſe par-devant, eſt plus grande que la vraie hauteur B A F. Mais ſi l'on prend la hauteur de l'Aſtre G par derriere, on lui tournera le dos en regardant l'Horiſon ſenſible par le rayon viſuel A H, lequel paſſe au-deſſous de la ligne véritablement horiſontale A B, & le rayon A H étant prolongé par-derriere l'Obſervateur vers E, donnera l'arc G E, compris par les rayons A G, A E, pour la hauteur obſervée ; mais la vraie hauteur eſt G C. Donc la hauteur obſervée G E par-derriére eſt trop petite de la quantité E C. Or l'angle de l'excès B A H de la hauteur priſe par-devant eſt égal au défaut C A E de la hauteur priſe par-derriére, parce que ces angles ſont oppoſés par leurs points. *XXIV. Planche. Fig. 5.*

Maintenant ſi l'on veut ſçavoir où ſe termine l'Horiſon ſenſible d'un Obſervateur élevé de 100 pieds au-deſſus de la mer, on trouvera dans la Table, 3 lieues deux tiers du point de l'Obſervation.

Quand on prend hauteur avec les Inſtrumens qui ne ſont point au vrai niveau & au véritable Horiſon, il faut avoir égard à ce qu'on vient de dire de l'Arbaleſtrille ; & de quelqu'Inſtrument qu'on ſe ſerve, il faut auſſi avoir égard aux remarques générales que nous ferons après avoir parlé de tous les Inſtrumens à prendre hauteur.

Si donc on a obſervé la hauteur d'un Aſtre avec l'Arbaleſtrille par-devant, & qu'on l'ait trouvé, par exemple, de 20 dégrés, ſi l'œil de l'Ob-

ſervateur en ce cas eſt élevé de 25 pieds par-deſſus la ſurface de la mer, il faudra conclure que la hauteur de l'Aſtre n'eſt que de 19 dégrés 55 minutes, parce qu'il faut ſouſtraire 5 minutes pour l'élévation de 25 pieds. Il faudroit au contraire les ajoûter, ſi la hauteur avoit été priſe par-derriére.

Du Quartier Anglois.

XXII. Planche. Fig. 9. CEt Inſtrument ſe fait ordinairement de bois de poirier. Il contient un Quart de cercle partagé en deux arcs B C, D E, qui ont différens rayons, dont le moindre eſt la moitié du plus grand.

L'arc B C eſt de 30 dégrés, chaque dégré ſe ſubdiviſe autant qu'on le peut de 5 en 5 minutes par le moyen des cercles concentriques & des lignes tranſverſales. L'autre arc de cercle D E contient 60 dégrés & ſe diviſe ſeulement en dégrés; la diviſion de ces arcs doit commencer du rayon AB, dont la longueur eſt environ de deux pieds.

On ajuſte, comme à l'Arbaleſtrille, au centre commun de ces deux arcs un petit Marteau, à peu près ſemblable à celui de la figure 12, dont une traverſe ou croiſillon réponde préciſément au milieu de l'épaiſſeur de la fléche ou de la piéce de bois droite, ou bien une pinule comme la figure A, fendue horiſontalement; puis on ajuſte une autre pinule qui ſe puiſſe mouvoir & arrêter avec une vis ſur chacun des dégrés & minutes de l'arc B C, comme en F, laquelle doit être percée dans une ligne de foi perpendiculaire au plan des diviſions, comme la figure F, pour y placer l'œil; enfin une troiſiéme pinule qui puiſſe couler & s'arrêter au long des diviſions de l'arc D E, comme en G; cette pinule doit être auſſi percée ou fendue, afin que le rayon du Soleil puiſſe donner dans la pinule du centre; mais elle doit être bien dreſſée & perpendiculaire au plan des diviſions, comme la petite figure G le montre; il faut auſſi que ces arcs ſoient d'égale épaiſſeur, afin que les pinules ſoient toujours bien perpendiculaires ſur le bord de l'Inſtrument.

Uſage du Quartier Anglois.

ON peut faire uſage du Quartier Anglois pour obſerver la hauteur des Aſtres de deux maniéres, ainſi qu'on a fait avec l'Arbaleſtrille, c'eſt-à-dire en regardant l'Aſtre, ou en lui tournant le dos. Cette ſeconde maniére d'obſerver l'Aſtre par-derriere eſt la plus commode. Il faut pour cela ajuſter la pinule A ſur le centre & la pinule G, ſur tel dégré qu'on voudra de l'arc D E; pourvû toutefois que la partie G D avec les 30 dégrés de l'arc B C ſoient du moins auſſi grands que la hauteur de l'Aſtre; après cela on lui tournera le dos, & l'on hauſſera ou baiſſera la pinule F en la faiſant gliſſer ſur l'Arc BC, juſqu'à ce que regardant l'Horiſon ſenſible par les deux pinules F & A, le rayon du Soleil H paſſe par l'ouverture de la pinule G, & vienne aboutir à la fente de la pinule qui eſt au centre A. Alors la ſomme des deux arcs ſera la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon, en y faiſant la même correction que nous avons dit en parlant de l'Arbaleſtrille, & le complément de cette hauteur ſera la diſtance du Zénith.

On pourra auſſi prendre hauteur par-devant avec le Quartier Anglois, comme avec l'Arbaleſtrille; mais cette ſeconde maniére de s'en ſervir ſera

plus difficile, à moins que la Fléche ne ſoit coupée préciſément à l'un de la pinule du centre A.

Conſtruction & uſage du Demi-cercle.

CEt Inſtrument eſt d'environ un pied de diamétre : il n'eſt diviſé qu'en 90 dégrés, & chaque dégré ſe ſubdiviſe ordinairement en quatre parties qui valent 15 minutes chacune. Il y a deux pinules A & B attachées aux extrémités de ſon diamétre, & une autre, comme C, ajuſtée de maniére qu'elle coule autour de la circonférence du Demi-cercle, afin de recevoir le rayon de l'Aſtre. La pinule A eſt percée comme celle F, & celle B, comme la même F, mais fendue ; & à l'égard de celle marquée C, elle eſt faite comme F, ou comme G, ſelon que l'on s'en ſervira par-devant ou par-derriere. Fig. 18.

L'uſage du Demi-cercle eſt pour prendre hauteur en mer. Il faut faire ici les mêmes attentions qu'à l'Arbaleſtrille, ſi l'on prend hauteur par-devant ou par-derriere.

Au premier cas il faut mettre l'œil à l'ouverture de la pinule A, regarder l'Horiſon par les pinules A & B, & hauſſer ou baiſſer la pinule C, en la gliſſant ſur les dégrés de la circonférence, juſqu'à ce que le rayon de l'Aſtre paſſant par la fente ou petit trou de cette pinule, rencontre l'autre pinule en A. Pour lors les dégrés compris en l'Arc B C marqueront la hauteur de l'Aſtre. Si c'eſt le Soleil que l'on veut obſerver, il eſt plus commode de lui tourner le dos à cauſe de ſa grande lumiére, en mettant l'œil à la pinule B, & regardant l'Horiſon par les pinules B & A, & hauſſant ou baiſſant la pinule C, en ſorte que le rayon du Soleil paſſant par cette pinule vienne ſe rendre à l'ouverture de la pinule A ; alors l'arc B C marquera la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon.

Il eſt à remarquer que comme l'angle B A C a ſon ſommet à la circonférence, il n'a pour ſa meſure que la moitié de l'arc B C, ſur lequel il eſt appuyé, & c'eſt pour cette raiſon que l'on a diviſé tout le Demi-cercle en 90 dégrés au lieu de 180 qu'il devroit contenir.

Remarques générales ſur les différentes maniéres de prendre hauteur.

PRemiérement il ne ſuffit pas de ſçavoir préciſément quel dégré vous donnera l'Inſtrument dont vous vous êtes ſervi, ni d'avoir fait les réductions convenables ſi vous avez pris hauteur par-devant ou par-derriere. Nous avons expliqué dans notre Traité de l'*Uſage des Globes* (*Liv. I. Chap. X. Sect. VI. page* 45.) les raiſons pour leſquelles un Aſtre au-deſſous de 50 dégrés devoit paroître, & paroît en effet plus haut qu'il n'eſt réellement à cauſe de la nature de notre Atmoſphére, qui recourbe les rayons qui viennent de l'Aſtre à l'œil, ce qu'on appelle *Réfraction*, dont nous avons donné une Table à la fin de ce même Livre des *Globes*. Quoiqu'il en ſoit, ajoûtons ici pour l'utilité du Public cette Table des Réfractions des Aſtres.

Hauteurs apparentes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	20 30 50 d.
Réfractions ou excès	32′	27′	21′	16′	12′	10′	9′	8′	7′	6′	5′	4′	3′ 2′ 1′ m.

Si donc un Aſtre paroît élevé de 20 dégrés ſur l'Horiſon, il en faut

ôter la Réfraction convenable, qui eſt ici 3 minutes, la véritable hauteur ne ſera donc plus que de 19 dégrés 57 minutes.

XXIV. Planche. Fig. 10. 2me Remarque. Si l'on s'eſt ſervi de pinules pour faire paſſer les rayons venans de l'Aſtre à l'œil par une fente ou trou, cet Aſtre a envoyé dans le plan oppoſé aux pinules l'image renverſée de ſon Diſque, enſorte que ſa partie ſupérieure eſt imprimée en bas & ſon inférieure en haut, ce qui produit pour le Soleil un excès de 15 minutes de chaque côté; & le milieu de l'image étant pris pour le centre de l'Aſtre on aura ſa véritable hauteur, toute réduction néceſſaire faite d'ailleurs.

3me Remarque. Si l'on ne s'eſt pas ſervi de pinules fendues ou percées d'un trou, mais ſeulement de l'extrémité d'un Marteau, dont le bord ſert de ligne de foi (ce qui eſt ordinaire quand on ſe ſert de l'Arbaleſtrille ou du Quartier Anglois par la raiſon de la deuxiéme remarque) ce ne ſera que de la partie ſupérieure de l'Aſtre, que ſes rayons viendront frapper la retine de l'œil, où cette partie ſera ombre ſur le Marteau; ce qui ſera paroître l'Aſtre trop haut de la moitié de ſon Diſque, qui eſt au Soleil de 30 minutes en total, & dont 15 minutes ſont à diminuer de la hauteur marquée ſur l'Inſtrument, ſoit qu'on l'ait priſe par-devant ou par-derriére. Il ſuffit de jetter les yeux ſur la figure 6 & 7. Planche 24. Fig. 6. & 7. Nous ſuppoſons qu'on a fait auſſi toutes les autres réductions dont nous avons parlé, c'eſt-à-dire, qu'on a eu égard 1°. à l'élévation de l'Obſervateur ſur le niveau de la mer, 2°. à la maniére dont on a pris hauteur par-devant ou par-derriere, 3°. à la réfraction, 4°. enfin à la façon des pinules. Lorſqu'on prend hauteur avec des anneaux, Aſtrolabes, ou Quarts de cercle ſuſpendus ou garnis d'un plomb, ou d'un Niveau d'air, il n'eſt queſtion que de prendre le milieu du Diſque de l'Aſtre & d'en déduire la réfraction, ſi cet Aſtre eſt moins élevé que de 50 dégrés ſur l'Horiſon.

Trouver à toute heure la Latitude du lieu où l'on eſt par la hauteur du Soleil ou d'un autre Aſtre.

IL faut d'abord connoître la déclinaiſon d'un Aſtre; enſuite obſerver ſa hauteur ſur l'Horiſon avec un des Inſtrumens dont nous venons de parler: Or la hauteur du Soleil, par exemple, eſt le point où cet Aſtre eſt à midi, laquelle ſe prend pour connoître la hauteur du Pôle. Quand donc le Soleil paſſera au Méridien, alors on connoîtra infailliblement (par les Uſages 10e & 52e du 3e Liv. de notre Traité de l'*Uſage des Globes*) la Latitude du lieu où l'on eſt, laquelle eſt toujours égale à la hauteur du Pôle. Car Latitude & hauteur de Pôle ſont la même choſe.

On pourra auſſi trouver à toute heure la Latitude du lieu où ſe fait l'obſervation par les uſages 13, 14 & 15me de notre *Traité des Aſtrolabes* page 163 & ſuiv. quoiqu'il y ait un peu plus de façon.

Exemple: Ayant pris en un jour quelconque juſtement à Midi la hauteur du Soleil, cherchez ſur la Table à ce même jour, la Déclinaiſon de cet Aſtre. Or cette Déclinaiſon eſt ou ſeptentrionale, autrement dite Boréale, ou Méridionale.

Si elle eſt Septentrionale (qui eſt depuis le 20 Mars juſqu'au 22 Septembre, ou depuis *Aries* juſqu'à *Libra*) ôtez cette déclinaiſon de la hauteur du Soleil, & le reſte ſera la hauteur de l'Equateur; or cette hau-

teur étant ſouſtraite de 90, le reſte ſera la hauteur du Pôle. Ainſi le Soleil étant, par exemple, au premier dégré du *Cancer*, ſa hauteur à Midi eſt à Paris de 64 dég. 30 min. & ſa déclinaiſon Boréale de 23 dég. 30 min., laquelle déclinaiſon étant ôtée de 64 dég. 30 min. qui eſt alors ſa hauteur, il reſtera 41 dég. pour la hauteur de l'Equateur, duquel le complément juſqu'à 90 eſt 49, qui ſera la hauteur du Pôle à Paris.

Si au contraire la Déclinaiſon du Soleil étoit Méridionale (qui eſt depuis le 22 Septembre juſqu'au 20 Mars) il faudroit y ajoûter la hauteur Méridienne; & alors le total ſeroit la hauteur de l'Equateur. Ainſi le 22 Décembre le Soleil à Midi eſt élevé à Paris de 17 dég. 30 min. & ſa Déclinaiſon eſt de 23 dég. 30 min. laquelle ajoûtée à 17 dég. 30 min. le total eſt 41, dont le complément 49 ſera la Latitude du lieu où l'on eſt.

Mais ſi le Soleil n'avoit point de déclinaiſon, comme au commencement d'*Aries* & de *Libra*, ſa hauteur ſeroit celle de l'Equateur, laquelle étant ſouſtraite de 90, le reſte ſeroit la hauteur du Pôle. Si en ce même tems-là le Soleil étoit élevé juſte de 90 dég. à Midi, ce ſeroit une marque que l'on ſeroit ſous la ligne Equinoctiale: & n'y ayant point alors de hauteur de Pôle, il n'y auroit point de Latitude.

En prenant exactement la hauteur du Soleil à toutes les heures du jour; on pourra faire des Tables des hauteurs du Soleil ſur l'Horiſon, mais elles ſe font bien plus juſtes par le calcul.

CHAPITRE III.

De la conſtruction & des uſages des Inſtrumens néceſſaires à meſurer la quantité de chemin que fait un vaiſſeau.

De l'Horloge.

ON ne ſe ſert pas ſur mer de Pendule, ce qui ſeroit très-utile à cauſe de la régularité de ſon mouvement, parce que d'une part la roüille ſe prend bien-tôt à l'acier le mieux poli, & de l'autre quelques balanciers ou pivots qu'on place à une Pendule, elle s'arrête par le mouvement du vaiſſeau, ou au moins ſa régularité en eſt interrompue.

On peut ſe ſervir de Montres de poche à reſſort ſpiral & à minutes, faites par un bon Horloger, comme Mr le Roy. Dans les vaiſſeaux on ſe ſert ordinairement de trois Sabliers de différentes durées. L'un eſt de quatre heures; il ſert à régler le tems de la courſe, & celui du ſervice que l'équipage doit faire, ce qui s'appelle en terme de Marine faire le quart, parce que pendant quatre heures qu'une partie ſe repoſe, l'autre manœuvre. L'autre Sablier eſt d'une heure, pour les uſages communs; & le troiſiéme eſt d'une demi-minute, pour eſtimer la courſe du vaiſſeau.

Ils ſont tous trois compoſés de deux phioles de verre renverſées l'une ſur l'autre, dont les embouchures ſont fermées d'une feuille de clinquant, laquelle eſt percée d'un petit trou qui ſert à l'écoulement du ſable de la phiole ſupérieure dans l'inférieure, pendant le tems qu'on a voulu régler

le Sablier. On ſçait que, plus il y a de ſable, plus longue eſt la durée de ſon écoulement, & que plus le trou eſt grand moindre eſt cette durée. C'eſt pourquoi le Sablier d'une demi-minute eſt petit, & a un grand trou dans la feuille de clinquant qui ſépare les deux phioles.

Tout le monde ſçait la maniére d'uſer de ces Sabliers, qui ont cette incommodité de ne pas marquer préciſément les différentes parties du tems de leur durée, comme feroit une Pendule à ſecondes. Mais on pourroit y remédier en ſubſtituant un tuyau long & étroit à la place d'une phiole. A eſt la phiole ordinaire, B le tuyau ſubſtitué en place de la ſeconde phiole; ce tuyau contient tout le Sable de la phiole. On applique cette machine à un morceau de bois long & étroit, & l'on marque à côté du tuyau ſur le bois les quarts ou minutes d'heure, à proportion que le tuyau s'emplit; on ſuſpend la planche dans un ſens contraire, quand la phiole eſt vuide, & l'on marque à côté du tuyau les quarts d'heure ou minutes, à proportion qu'il ſe vuide dans la phiole. C'eſt pourquoi l'on a mis deux anneaux à la planche, l'un en haut & l'autre en bas. Pour faire ces diviſions, qui ſont toutes inégales, on ſe ſert d'une Pendule bien juſte. Au lieu que les autres Sabliers ſe tiennent ſur leur aſſiette, celui-ci ſe ſuſpend.

XXIV. Planche. Fig. 13.

On pourra encore y marquer les ſecondes, en faiſant un pendule compoſé d'une balle de mouſquet attachée à un fil de 36 pouces 8 lignes & demie de long, à prendre depuis le centre de la balle juſqu'au point où tient le fil attaché. Ce pendule étant en mouvement, chaque vibration, c'eſt-à-dire, chaque allée & revenue ſera d'une ſeconde de tems; ainſi 30 vibrations vaudront une demie minute ou 30 ſecondes de tems; 60 vibrations une minute, &c. Il n'importe pas que les vibrations ſoient grandes ou petites; car ſi elles ſont grandes, la balle va plus vîte; ſi elles ſont petites, la balle va plus doucement. Faites une marque à côté du tuyau à l'endroit où en ſera le Sable à chaque ſeconde, & la diviſion ſera faite pour les ſecondes: Vous opérerez de même pour les minutes.

Uſage de l'Horloge de 30 ſecondes ou d'une demie-minute.

IL y a pluſieurs choſes qui contribuent à faire courir un vaiſſeau, plus ou moins vîte; comme la force du vent, la maniére, la quantité qu'il frappe de voiles, la conſtruction, le leſt, &c. Il faut avoir recours à quelques régles conſtantes & uniformes. Une des plus ordinaires, c'eſt de meſurer la longueur du vaiſſeau, & de ſe ſervir de cette meſure pour compter combien l'eau ou l'écume de la mer venant de l'avant à l'arriére, c'eſt-à-dire, de la proue à la poupe, parcourra de toiſes pendant une minute, leſquelles toiſes étant multipliées par 60, on aura les toiſes courues en une heure; & ces toiſes étant diviſées par 2853 (qui ſont les toiſes que contient une lieue d'un grand cercle de la Sphére) le quotient donnera la quantité de lieues qu'on aura couru par heure. On trouve que 48 toiſes en une minute donnent une lieue par heure: ſi donc un floccon d'écume, qui eſt comme immobile ſur l'eau, coule l'eſpace de 48 toiſes pendant une minute, le navire fera une lieue par heure, & 24 toiſes donneront une demie-lieue, &c. Si l'on ſe ſert d'une Horloge de demi-minute, un navire fera une lieue par heure, le long duquel l'écume avan-

Planche vinquatrième

La description de ce Micrometre se trouve à la page 218

fig. 1er

fig. 2

fig. 3

fig. 4

fig. a

fig. b

fig. c

fig. d.

fig. 6 et 7.

fig. 14

fig. 8

fig. Z.Z.

Rade

128. lieues Mineures estimées

fig. 9

Triangle Corrigé

111. lieues veritable observée et majeure

94. lieues min. observée

fig. 10

fig. e

fig. f

Route Composée

fig. h

Cette figure montre les moyens chercher le globe vu par le pole la route au pole levé et que la fig. H. mais dans une autre proportion du cilobe

Fig. 13.

fig. 5

Vaisseau

1. Speron ou Proue
2. Soubrier
3. Cornes ou Lis de
4. Sabord
5. Chateau d'avant
6. Plabord
7. Chateau d'arrier
8. Galerie d'Babord
9. Gouvernail et Safran
10. la Poupe ou le Arriere
11. Fanal
12. Chouquet du Bâton de Pavillon
13. Pavillon
14. Haubans d'Artimon
15. Bonette Maillée
16. Voile d'Artimon
17. Les Ris
18. Mats d'Artimon
19. Vergue de Foule et ses bras au dessous
20. Perroquet d'Artimon et sa Vergue
21. Martelets
22. Girouette
23. Flames
24. Grand Perroquet
25. Pendour des Bras
26. Les Bras
27. Balancines
28. Grand Mats de Hune
29. Guinderesse
30. Galauban
31. Grand Hunier
32. Tenons et Chouquet
33. La Grand Hune
34. Enflechures
35. Grand Voile
36. L'ecoute de la grand Voile
37. Etaij d'Artimon
38. Grande Haubans
39. Grand Hague
40. Grand Mats sur lie
41. L'ecoute de Voile d'Etaij
42. Couët de Grand Voile
43. Voile d'Etaij
44. Grand Etaij
45. Etaij du Grand Mats de Hune
46. Faux Etaij et Boulines du Grand Perroquet
47. Etaij du Grand Perroquet
48. Perroquet d'Avant
49. Mats de Hune d'Avant
50. Petit Hunier
51. Contrefanons
52. Bouline et ses pallets
53. Voile de Misaine
54. Mats de Misaine
55. Couët de Misaine
56. Sauve garde
57. Mats de Beaupré
58. L'ecoute de Sivadiere
59. Sivadiere
60. Perroquet de Beaupré
61. Etaij du Perroquet
62. Etaij du Petit Mats de Hune avec ses deux Boulines
63. Etaij du Perroquet d'Avant
A. Boulines du Perroquet d'Avant et du petit Hunier
B. Grande Bouline
C. Etaij de Misaine

cera de 24 toiſes en 30 ſecondes ; il fera une demie-lieue par heure, ſi l'écume n'avance que de 12 toiſes ; & ainſi à proportion.

Cette obſervation du courant de l'eau par l'écume, qui gliſſe contre les bords du vaiſſeau, ſe doit toujours faire ſous le vent, à cauſe que les vagues du côté du vent ſe battant contre les bords, cauſent à l'eau des mouvemens extraordinaires, ce qui n'arrive pas ſous le vent.

Ainſi ſuppoſons un vaiſſeau à vingt-quatre toiſes de long de proue en poupe. Un floccon d'écume gliſſe le long de ce vaiſſeau en 30 ſecondes : on demande combien ce vaiſſeau fait de chemin en trois heures. Pour le ſçavoir, multipliez les toiſes par le nombre de fois dont 30 ſecondes ſont contenues en trois heures, en diviſant le produit par 2853, alors le quotient donnera trois lieues parcourues en trois heures.

Du Loch, & de ſon uſage.

LE Loch eſt un morceau de bois d'environ un pied de long, taillé comme le fond d'une barque, garni de plomb ſous ſon fond pour lui ſervir de leſt, auquel eſt attachée une ligne ou ficelle menue marquée d'un nœud ou autrement pour chaque toiſe. Fig. 14.

On fait uſage du Loch en le jettant en mer par l'arriére du vaiſſeau, & l'on file la ligne juſqu'à ce que cet Inſtrument ſoit hors de la remorque, c'eſt-à-dire, du vaiſſeau ; après quoi l'on commence à compter les toiſes de la ligne qu'on file pendant une demie-minute, & ſi l'on en file 6 toiſes, c'eſt une preuve que le navire fait un quart de lieue par heure ; ſi l'on en file 24 toiſes, il fait une lieue, &c. On ſçait combien on file de toiſes en comptant les nœuds marqués ſur la ligne que le Loch ſuppoſé immobile ſur l'eau tire à lui, comme dans l'exemple précédent ſur l'écume qu'il faut ſuppoſer immobile ſur l'eau.

Ceci n'a pas beſoin d'autre exemple que celui ci-deſſus. Tout le monde ſçait combien un pareil calcul eſt ſujet à erreur ; auſſi faut-il ſouvent le rectifier, en obſervant les latitudes & longitudes, comme nous avons appris à le faire dans notre Traite *de l'Uſage des Globes* ; cependant il faut ſe contenter des ſeuls moyens qu'on a, pour ſçavoir ce qu'on fait de chemin ſur les eaux.

CHAPITRE IV.

Conſtruction du Quartier-de-réduction.

LE Quartier-de-réduction eſt dans la Navigation ce que le treillis eſt dans la Géométrie. C'eſt un Inſtrument dont ſe ſervent les Pilotes pour réduire les routes de leur Navigation. Il eſt compoſé de pluſieurs Quarts-de-cercle qui ont le même centre A, & de pluſieurs Lignes droites paralléles ; ces Quarts-de-cercle & ces Lignes ſont à diſtances égales. XV. Planche.

On peut prendre l'un de ces Quarts-de-cercle comme B C, pour le quart de chaque grand cercle de la Sphére, & principalement pour le quart de l'Horiſon & du Méridien ; mais le centre A ſera toujours le point

du départ du navire. En le prenant pour quart de l'Horiſon, l'un de ſes côtés, tel qu'on voudra, comme AA, repréſentera la ligne Nord & Sud, qui eſt la Méridienne. L'autre côté AC, qui fait angle droit avec la Méridienne, repréſentera la ligne Eſt & Oueſt.

Toutes les autres Lignes paralléles au côté A B ſont des Méridiens, & toutes celles qui ſont paralléles au côté A C ſont des lignes Eſt & Oueſt.

Ce Quart-de-cercle eſt diviſé premiérement en 8 parties égales, par 7 rayons tirés du centre A, pour repréſenter les huit quarts-de-vent de chaque quart de la Bouſſole ou de l'Horiſon. Chacun de ces quarts-de-vent vaut 11 dégrés 15 minutes, comme nous avons dit ci-devant en parlant de la Bouſſole.

La circonférence B C eſt auſſi diviſée en 90 dégrés, & chaque dégré eſt ſubdiviſé de 12 en 12 minutes par le moyen des lignes tranſverſales, tirées de dégré en dégré, & de 6 cercles concentriques, y compris les deux extrêmes. On attache de plus au centre un fil, comme A L, lequel étant arrêté ſur tel dégré que l'on veut du Quart-de-cercle, ſert à diviſer l'Horiſon de telle maniére qu'on le juge à propos.

Tous les rayons, qui partent du centre A, ſont autant de ſécantes des dégrés qu'ils coupent; toutes les lignes perpendiculaires à AC, qui joignent ces rayons dans l'enceinte du Quart-de-cercle, ſont des Sinus de ces arcs dont ils joignent la ſécante, & ceux perpendiculaires à A B, ſont les Sinus de complément de ces mêmes arcs; les lignes perpendiculaires à A C, qui joignent ces mêmes rayons hors l'enceinte des Quarts-de-cercle, ſont des tangentes de ces arcs. Ainſi l'on a ſur le Quartier-de-réduction les Sinus des arcs, les ſinus complémens, les tangentes & les ſécantes de tous les dégrés du Quart-de-cercle.

Si l'on prend le Quartier-de-réduction pour un quart du Méridien, l'un des côtés, comme A B, ſe pourra prendre pour l'un des rayons communs, du Méridien & de l'Equateur, & l'autre côté A C ſera la moitié de l'axe du monde. Les côtés paralléles à A C donneront les longitudes; les dégrés de la circonférence B C repréſenteront les dégrés de latitude; & les paralléles au côté A B (perpendiculaires ſur A C, priſes depuis chaque point de latitude juſqu'à l'axe A C) feront les rayons des paralléles de ces latitudes, & en même tems les ſinus de complémens de ces mêmes latitudes.

La figure de la planche 25 fait aſſez connoître le reſte de la conſtruction de cet Inſtrument.

Uſage du Quartier-de-réduction.

POur faire uſage du Quartier-de-réduction, on forme ſur cet Inſtrument des Triangles ſemblables à ceux de la Navigation, & les côtés de ces Triangles ſont meſurés par les intervalles égaux qui ſont entre les Quarts-de-cercle & entre les Lignes Nord, Sud, Eſt & Oueſt.

On a diſtingué ces cercles & ces lignes, en les marquant de 5 en 5 par des traits plus gros que les autres; de ſorte que ſi l'on prend chaque intervalle pour une lieue, il y aura cinq lieues depuis une groſſe Ligne droite juſqu'à l'autre, de même que depuis une groſſe Ligne circulaire juſqu'à l'autre auſſi circulaire; mais ſi l'on prend chaque intervalle pour quatre lieues,

lieues, il y aura 20 lieues de Marine qui font un dégré de grand cercle depuis un gros trait juſqu'à l'autre.

Cette régle eſt générale, quand il ne s'agit que de trouver, ou de marquer ſur le Quartier-de-réduction les parties d'un grand cercle en dégrés ou en lieues. Par exemple, ſi j'ai couru ſous un même Méridien 100 lieues, je prens ſur la ligne A B, 5 gros traits, ainſi que ſur toutes les Lignes paralléles à A B. Or chaque gros trait vaut 20 lieues ou 1 dégré de grand cercle repréſenté par A B. De même ſur les rayons qui partent du centre A vers la circonférence du Quart-de-cercle, toutes ces Lignes repréſentent de grands Cercles, qui ont le centre commun avec celui du monde; & ſur ces Lignes les arcs marqués d'un gros trait valent chacun 20 lieues ou un dégré.

On appelle les lieues marquées ſur le côté A B ou ſes paralléles, & ſur les rayons qui partent du point A vers la circonférence, *lieues majeures*.

Il n'en eſt pas de même des Lignes paralléles au côté A C, leſquelles ne repréſentent que des cercles paralléles à l'Equateur. Ces cercles n'ont point leur centre commun avec celui du monde; & leurs circonférences, quoique diviſées en 360 dégrés, diminuent toujours en étendue depuis l'Equateur juſqu'au Pôle, où elles viennent ſe réduire à un ſeul point. D'où il ſuit que les lieues qui ſont compriſes dans un dégré de ces circonférences ſont moindres à proportion que le cercle approche du Pôle, ce qui fait qu'on appelle ces *lieues mineures*. C'eſt pourquoi il y a moins de chemin à faire pour changer de Longitude que pour changer de Latitude.

Comme dans tout triangle de Navigation le côté paralléle à A C, qui donne la longitude, eſt marqué en lieues mineures, c'eſt une néceſſité indiſpenſable, pour avoir les dégrés de longitude, qui ſe comptent ſur l'Equateur, de ſçavoir réduire ces lieues mineures en lieues majeures, telles qu'elles ſont ſur ce cercle, où chaque dégré eſt compoſé de 20 lieues majeures.

Dans le triangle de Navigation A E D dreſſé ſuivant les régles que nous expliquerons ci-après, le côté A E, qui repréſente un Méridien qui eſt un grand cercle, donne 125 lieues majeures à raiſon de 20 au dégré, ou 6 dég. & 1 quart; le côté A D, qui eſt encore un grand cercle, en donne 150 par les arcs; le côté E D, qui repréſente un petit cercle paralléle à l'Equateur, donne 83 lieues mineures. Il faut ſçavoir ce que ces lieues *mineures* valent de dégrés de longitude; & pour cela il les faut convertir en lieues *majeures*, afin que 20 lieues puiſſent valoir un dégré ſur l'Equateur, & juger par leur nombre de la quantité de dégrés de longitude. Ainſi ſuppoſons que l'on veuille ſçavoir combien 83 lieues mineures vers l'Eſt valent de dégrés de longitude ſur la paralléle de 48 d. de latitude, il faut premiérement tendre le fil ſur les 48 d. de latitude, & compter les 83 lieues propoſées ſur le côté A B, en commençant du centre A; elles ſe termineront au point H, en prenant chaque petit intervalle pour 4 lieues, ou les intervalles des gros traits pour 20 lieues. Il faut enſuite conduire du point H la paralléle H G juſqu'au fil; alors la partie du fil depuis A juſqu'en G (rayon du Méridien) montrera 125 lieues majeures, valeur de 6 d. 15 m. à raiſon de 20 lieues par dégré & 3 min. pour une lieue; ce qui fait connoître que les 83 lieues mineures A H, qui ſont la différence en longitude de la route ſuppoſée, & qui ſont

égales au rayon du paralléle G I, valent 6 dég. 15 min. de ce paralléle.

Mais si l'on veut réduire cent lieues mineures en dégrés de longitude sur le paralléle de 60 d., il faut premiérement tendre le fil sur 60 d., compter les cent lieues de longitude le long du côté A B ; & le paralléle qui les terminera étant conduit au fil, retranchera le long du fil, à prendre depuis le centre, 200 lieues majeures qui valent 10 d. c'est-à-dire, que 100 lieues sur le paralléle de 60 d. valent 10 d. de longitude, parce que chaque dégré d'un grand cercle est double d'un dégré du paralléle de 60 dégrés.

Si au contraire on veut réduire, par exemple, 125 lieues majeures ou 6 d. 15 m. de longitude sur le paralléle de 48 d. en lieues mineures ; il faut, après avoir tendu le fil sur ces 48 d. de latitude, compter le long du fil les 6 d. 15 m. ou 125 lieues majeures depuis A jusqu'en G, tirer la ligne G I, en compter les interfections, & alors G I donnera 83 lieues mineures, valeur de 6 dég. 15 min. sur le paralléle proposé. Comme aussi 9 d. 21 min. ou 187 lieues majeures sur le même paralléle étant comptées depuis A jusqu'en I., donneront 125 lieues mineures sur L C rayon de ce paralléle, en comptant aussi les interfections.

On fait ces opérations par le calcul de deux manières, 1°. en réduisant par exemple, 168 lieues mineures en lieues majeures, ou en dégrés de longitude sur le paralléle de 50 dég. de latitude ; & alors on fait cette régle de proportion.

Si le sinus de 40 d. 64279 complément de 50 d. donne 168 lieues mineures, combien le sinus total 100000. La régle étant faite, le quotient donnera 261 lieues majeures, qui valent 13 d. 3 m. à raison de 20 lieues par dégré.

2°. En réduisant, si l'on veut, par exemple, 20 lieues majeures, (ou 1 d. de longitude) en lieues mineures sur le paralléle de 30 d. de latitude, on fait cette régle de proportion : Comme le sinus total 100000 est à 20 lieues, ainsi le sinus de 60 d. (complément de 30 d.) lequel est 86603, donnera pour quatriéme terme 17 lieues mineures $\frac{32}{100}$ sur le paralléle de 30 d. C'est sur ce principe que la Table ci-dessous a été calculée pour toutes les latitudes de 5 en 5 dégrés.

Table des lieues & centiémes de lieue d'un dégré de longitude sur chaque paralléle de 5 en 5 dégrés de latitude.

Latitudes.	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Lieues.	20	$19\frac{92}{100}$	$19\frac{70}{100}$	$19\frac{32}{100}$	$18\frac{70}{100}$	$18\frac{13}{100}$	$17\frac{32}{100}$	$16\frac{38}{100}$	$15\frac{32}{100}$

45	50	55	60	65	70	75	80	85
$14\frac{14}{100}$	$12\frac{86}{100}$	$11\frac{47}{100}$	10	$8\frac{45}{100}$	$6\frac{84}{100}$	$5\frac{18}{100}$	$3\frac{47}{100}$	$1\frac{67}{100}$

Quand on a parcouru une route oblique, c'est-à-dire, qui n'est exactement ni Nord ou Sud, ni Est ou Oueſt, ces routes outre les lieues majeures Nord & Sud, donnent des lieues vers l'Est ou vers l'Oueſt, qu'il faut réduire en dégrés de longitude. Mais ces lieues que l'on appelle mi-

neures, n'ont été faites ni ſur le paralléle du départ, ni ſur celui de l'arrivée, ayant été faites ſur tous les paralléles qui ſont entre deux, & qui ſont tous inégaux ; c'eſt pourquoi on a été obligé d'en chercher un qui fût moyen proportionnel entre eux, & on l'a appellé pour cela *moyen paralléle*, lequel ſert à réduire en dégrés & en minutes de l'Equateur les lieues qu'on a faites en parcourant divers paralléles, dont les dégrés deviennent plus petits à meſure qu'ils s'éloignent de l'Equateur en allant vers les Pôles.

Il y a pluſieurs méthodes pour trouver ce moyen paralléle. Mais la plus facile eſt celle, qui ſe fait par l'Echelle réduite des Latitudes croiſſantes & ſans calcul, que l'on voit gravée ſur cette Planche 25 à côté du Quartier-de-réduction.

Soit propoſé pour exemple, de trouver le moyen paralléle entre 40 & 60 d. de latitude. Prenez avec un Compas ſur cette Echelle le milieu d'entre 40 & 60 d. Ce point milieu ſe terminera vis-à-vis de 51 d. qui ſera par conſéquent le moyen paralléle de cette route.

Remarquez que comme cette Echelle eſt en deux lignes, il faudra prendre l'eſpace depuis 40 d. de latitude juſqu'à 45, qui eſt d'un côté, & le porter ſur une ligne droite ; prendre enſuite l'eſpace depuis 45 juſqu'à 60, qui eſt de l'autre côté, pour ne faire qu'une ligne de ces deux eſpaces joints enſemble, puis diviſer cette ligne en deux également ; & portant une moitié ſur l'Echelle, mettre une pointe du Compas ſur le nombre 40, alors l'autre pointe ira ſe terminer au nombre 51, qui ſera le moyen paralléle que l'on cherche. Après quoi il ſera facile de réduire les lieues parcourues vers l'Eſt en dégrés de longitude par le Quartier-de-réduction, conſideré comme quart de Méridien de la maniére que nous venons de le démontrer par pluſieurs opérations.

On trouve la même choſe par le calcul en deux maniéres. Si l'on demande, par exemple, le moyen paralléle entre la latitude du départ 40 d. & celle de l'arrivée 60 d. ; on ajoûte les ſinus complémens de 40 & 60 d. ſçavoir les ſinus de 50 & de 30 d. leſquels ſont 76604 & 50000. Et leur ſomme, 126604 étant diviſée par moitié, ſera 63302, ſinus complément du moyen paralléle, lequel ſe trouve dans la Table des Sinus répondre à 50 d. 44 m. Dans les petites routes on a plutôt fait d'ajoûter 40 d. à 60 d. & prendre le milieu 50 dég. pour moyen paralléle cherché.

Si une route étoit entre deux latitudes de différentes dénominations, comme ſi l'on avoit parcouru S E depuis le 20 d. de latitude N. juſqu'au 30 d. de latitude S. on prendroit le moyen paralléle de la plus grande latitude (qui eſt ici Sud) ſur lequel on réduiroit les lieues mineures en majeures & en dégrés de longitude.

Quand on ſera bien verſé dans la maniére de trouver le moyen paralléle d'une route, & de réduire les lieues mineures en majeures ou les lieues majeures en mineures ; les lieues mineures en dégrés de longitude, & les dégrés de longitude en lieues mineures, il ſera aiſé de faire aſſez exactement les Triangles & les opérations de la Navigation ſur le Quartier-de-réduction, comme nous allons l'enſeigner par cinq exemples, qui renfermeront les principales régles & les différens cas que l'on peut ſuppoſer.

I. EXEMPLE.

XXV. *Planche.*

Suppoſons le point de départ d'un vaiſſeau au 49 d. 48 m. de latitude N, & au 2 d. 15 m. de longitude; ce vaiſſeau eſt arrivé par les 43 d. 33 m. de latitude auſſi N, & par les 352 d. 3 m. de longitude. On connoît deux choſes, ſçavoir la latitude & la longitude courues, au moyen deſquelles il eſt aiſé de faire ſur le Quartier-de-réduction le triangle ſemblable à celui de la navigation, & par-là connoître les deux choſes inconnues; ſçavoir, le Rhumb de vent qu'a tenu le vaiſſeau, & les lieues qu'il a fait de chemin, s'il a fillé en ligne droite, en raiſonnant ainſi. Le vaiſſeau eſt venu d'une plus grande latitude N à une moindre auſſi N. Donc il a couru S. Or de 49 d. 48 m. du départ, ôtez-en 43 d. 33 m. auſſi N, reſtent 6 d. 15 m. pour la latitude courue vers S; & ces 6 d. 15 m. valent 125 lieues à 20 au dégré. C'eſt le premier côté du triangle.

Mais ſi le vaiſſeau eſt venu d'une moindre longitude à une plus grande, & que cette plus grande longitude ſe trouve plus grande que celle du départ de plus de 180 d. le vaiſſeau aura couru vers O. Si de 2 d. 15 m. du départ vous voulez en ôter 352 d. 3 m., cela ne ſe peut. Ajoutez donc 360 à 2 d. 15 m., & vous aurez 362 d. 15 m. dont ôtant 352 d. 3 m. reſteront 10 d. 12 m. de longitude courue vers O. Or ces 10 d. 12 m. de longitude réduits en lieues mineures en valent 140, c'eſt le ſecond côté du Triangle. Vous ſçavez que le centre A du Quartier-de-réduction ſera toujours pris pour le point de départ.

Maintenant pour tracer ſur le Quartier-de-réduction le Triangle ſemblable à celui de la Navigation ci-deſſus, comptez de A vers B les 6 d. 15 m. de Latitude N convertis en 125 lieues majeures au point E: & vous aurez le premier côté. Du point E conduiſez la paralléle à A C, & comptez ſur cette ligne du point E 140 lieues (qui ſont lieues mineures, auſquelles on a réduit les 10 d. 12 m. de Longitude courue) & ces lieues finiſſant au point L, vous donneront le ſecond côté & les deux choſes connues. Pour achever le Triangle de Navigation droit en E, il n'y a qu'à tirer la ligne L A, & vous aurez le Triangle fait A E L: dont L A, que vous venez de trouver, donnera le rhumb de vent qu'on cherchoit. Et comptant les dégrés ſur le Quart de cercle B C de B en C, vous lirez 48 dég. 15 m. ou S O 3 d. 15 m. O, pour le rhumb de vent que le vaiſſeau a tenu. Enfin comptez du point A ſur la ligne A L tous les arcs qui coupent cette ligne juſqu'à L; & vous aurez 188 lieues en ſuppoſant que chaque arc vaille 4 lieues, comme chaque trait a valu 4 lieues ſur A E. Pour avoir toute cette opération au net, vous en écrirez les articles comme vous voyez ci-deſſous.

Latitude du départ N.	49 dég.	48 m.	
Latitude de l'arrivée N	43	33	
Donc la différence en Latitude S	6	15	. . . Premier côté 125
Moyen paralléle entre le départ & l'arrivée $\frac{49}{43}$.	46	40	lieues majeures à 20 au dégré.

Longitude du départ 2d. 15 m. } Sur le moyen paralléle de
Longitude de l'arrivée 352 3 } 46 d. 40 m.
Donc la différence en Longitude O 10 12 } 2me côté 140 lieues min. O.

Donc le rhumb de vent SO 3. 15 m. O. } 3me côté du triangle ou
Donc les lieues de distance sont 188 } son hypotenuse.

Autre exemple dans le même cas, mais où les Latitudes sont de différentes dénominations & la Longitude vers E.

Le point de départ est supposé à 5 d. de Latitude N, & à 358 d. de Longitude : l'arrivée à 7 d. de Latitude S, & 9 d. de Longitude. Quel est le rhumb de vent qu'on a tenu, & combien a-t-on fait de lieues? XXV. Planche

Le vaisseau est venu du N au S ; donc il a couru S, parce qu'il a couru 5 d. dans le N, & 7 d. dans le S. Ajoûtez ces deux sommes ; la Latitude courue sera de 12 d. S, qui valent 240 lieues majeures, à 20 au dégré. C'est le premier côté du Triangle.

Le vaisseau est venu de 358 d. de Longitude, à 9 d. ; donc il s'est avancé vers E de 11 d. Or ces 11 d. sur le moyen paralléle (qui n'est pris ici que dans la Latitude S, parce qu'elle est la plus grande des deux dénominations) valent 219 lieues mineures E. C'est le second côté du Triangle.

Pour tracer le Triangle sur le Quartier-de-réduction, comptez de A en B, les 12 d. de Latitude S convertis en 240 lieues majeures, au point B. Voilà le premier côté. Du point B conduisez la paralléle à A C, & comptez sur cette ligne du point B 219 lieues mineures, ausquelles ont été réduits les 11 d. de Longitude courues ; ces lieues finiront au point M. Voilà le second côté & les deux choses connues. Pour achever le Triangle de Navigation droit en B, il n'y a qu'à tirer la ligne M A, & vous aurez le Triangle fait A B M, dont M A, que vous venez de trouver, donnera le rhumb de vent que vous cherchiez ; & comptant les dégrés sur le Quart de cercle B C, de B en C, vous lirez au point qu'il est coupé par A M, 47 d. 40 m. ou S E 2 d. 40 m. E, pour le rhumb que le vaisseau a tenu. Enfin comptez du point A, sur la ligne A M, tous les arcs qui coupent cette ligne jusqu'en M, & vous aurez 325 lieues de distance courues, supposant que chaque arc vaille 4 lieues, comme chaque trait a valu 4 lieues sur A B. Mettez cette opération au net, pour l'avoir présente au premier coup d'œil.

Latitude de départ N 5 dég.
Latitude d'arrivée S 7
Donc la différence en Latitude S 12 . . . Premier côté 240 lieues majeures à 20 au dégré.
Moyen paralléle entre les latitudes de départ & d'arrivée pris seulement du plus grand côté en S } 3 d. 30 m.

Longitude du départ. 358 dég. } Sur le moyen paralléle de
Longitude d'arrivée 9 } 3 d. 30 m.
Donc la différence en longitude E 11 . . . 2me côté 219 lieues min. E.

Donc le rhumb de vent S E 2 d. 40 m. } 3me côté ou l'hypotenuſe du Triangle de Navigation droit en B.
Donc les lieuës de diſtance ſont 3 2 5 }

On voit que la juſteſſe des opérations dépend de la grandeur du Quartier de réduction ; mais ſi l'on travaille par le calcul des ſinus, elle ſera bien plus juſte pour trouver le moyen paralléle, la réduction des lieues, & le troiſiéme côté du Triangle de Navigation. En voici un exemple dans le premier cas ci-deſſus.

Dans le Triangle A B C rectangle en B vous connoiſſez le côté A B de
XXIV. Planche. Fig. a. 125 lieues ou 6 d. 15 m. de Latitude. Connoiſſant le moyen paralléle de la Latitude & les dégrés de Longitude, vous aurez le côté B C (en réduiſant, comme il eſt dit par le calcul, les lieues majeures des dégrés de Longitude en lieues mineures) 219.

Reſte donc à avoir les angles A C, & le côté qu'ils comprennent. Or pour avoir la diſtance A C, ajoûtez les quarrés de 125 & de 219 enſemble, & la racine quarrée de la ſomme vous donnera pour diſtance A C, 188 lieues majeures. Enſuite faites cette analogie : 188 ſont au ſinus de 90 d. comme 219 au ſinus de l'Angle A, 48 d. 15 m. dont le complément 41 d. 45 m. eſt l'angle C.

II. EXEMPLE.

On eſt parti de 44 d. 45 m. de Latitude N. & de 40 d. de Longitude.
XXV. Planche. Suppoſons que l'on ait couru 150 lieues N - E $\frac{1}{4}$ N. Nous avons deux choſes connues, ſçavoir le rhumb de vent & les lieues de diſtance courues, par le moyen deſquels on peut former ſur le Quartier-de-réduction un Triangle ſemblable à celui de la Navigation, pour trouver le reſte qui nous eſt inconnu.

Du centre A, pris pour le point de départ ſur le Quartier-de-réduction, on comptera le long du Rhumb de vent ſuppoſé A D, les 150 lieues de diſtance juſqu'en D ; en obſervant que chaque arc marqué d'un gros trait eſt ici pris pour 20 lieues marines. Or ce point D ſera le lieu d'arrivée que l'on marquera par une petite pointe. Ainſi pour former le Triangle rectangle A E D ſemblable à celui de la Navigation, le côté A E de ce Triangle donnera 125 lieues de différence en Latitude vers N qui valent 6 d. 15 m. à 20 lieues par dégré. C'eſt le premier côté du Triangle. Enſuite on conduira de D, lieu de l'arrivée, la ligne D E paralléle à A C, laquelle finira en E ; & comptant les interſections, elle donnera au ſecond côté du Triangle, 83 lieues mineures vers l'E. Au moyen de quoi le troiſiéme côté ſe trouvera donné. Donc on aura tout le Triangle.

Ces lieues réduites ſur la paralléle de 48 d. environ de Latitude (moyen paralléle trouvé entre la Latitude de 51 d. N. & 44 d. 45 m. auſſi N, lieu de départ) donneront 125 lieues majeures, ou 6 d. 15 m. de Longitude, qu'on ſera avancé d'O en E. Donc le départ étant à 44 d. 45 m. de Latitude N, on eſt venu au 51 d. de Latitude auſſi N ; & ſuppoſant qu'on ſoit parti du 40 d. de Longitude, on ſera arrivé au 46 d. 15 m. de Longitude.

Pour mettre cet exemple au net, il ſuffira de ſuivre les modéles ci-

deſſus expoſés pour le premier cas, & chaque article dans le même ordre qu'on l'y voit.

On a le ſecond exemple par le calcul, en diſant au Triangle A B C droit en B, pour avoir le côté A B : Comme le ſinus de B, 90 d. eſt au côté donné A C, 150 lieues majeures : auſſi le ſinus de C, 56 d. 15 m. (complément de 33 d. 45 m. connu du rhumb) eſt au côté A B, 125 lieues majeures, ou 6 d. 15 m. de Latitude, qu'on cherchoit. *XXIV. Planche. Fig. 6.*

Et pour avoir B C : Comme le ſinus de C, 56 d. 15 m. trouvé, eſt au côté A B : auſſi le ſinus de A, 83 d. 45 m. eſt au côté B C, 83 lieues mineures, attendu qu'elles ſont ſous un paralléle ; leſquelles il faudra réduire en lieues majeures, pour avoir autant de dégrés de longitude qu'il y aura de fois 20 lieues majeures.

III. EXEMPLE.

On eſt parti de 40 d. 30 m. de Latitude S, & de 354 d. 45 m. de Longitude ; on a ſillé S E $\frac{1}{4}$ S. juſqu'à 47 d. 31 m. de Latitude auſſi S. Nous avons par-là deux choſes connues, ſçavoir les dégrés de Latitude courues 7 d. 21 m. S, & le rhumb de vent. *XXV. Planche.*

Ainſi pour former ſur le Quartier-de-réduction le Triangle de Navigation (qui nous fera trouver le reſte inconnu, ſçavoir la Longitude de l'arrivée, & les lieues de diſtance) voici de quelle maniére il convient opérer. A, ſur le Quartier-de-réduction eſt le point de départ. Tirez-en la ligne du rhumb S E $\frac{1}{4}$ S ; enſuite comptez ſur la ligne A B 7 dég. 21 miu. de Latitude, ou 147 lieues majeures de A en B : C'eſt-là le premier côté. Puis conduiſez du point ſuppoſé B, où ſe terminent ces 147 lieues, une ligne paralléle à A C : C'eſt le ſecond côté. Or le point L où cette paralléle coupera le rhumb S E $\frac{1}{4}$ E, ſera le troiſiéme côté donné & fermera le Triangle, dans lequel on connoîtra la Latitude par le côté A B, 147 lieues. De A en L on aura donc ſur le rhumb, 177 lieues de diſtance, par autant d'arcs qui coupent cette ligne de A juſqu'à L. Enfin ſur la ligne, qui du point B eſt venu couper le rhumb en L, on comptera par les intervalles de lignes, 98 lieues mineures : Mais parce que ce côté B L repréſente un paralléle à l'Equateur, les lieues mineures ſeront réduites en majeures, & donneront ici autant de dégrés de Longitude courus, qu'elles auront donné de 20 lieues majeures, c'eſt-à-dire, 6 d. 51 m. E, leſquels ajoûtés aux 354 d. 45 m. de Longitude du départ donneront pour Longitude de l'arrivée 1 d. 36 m. Mettez l'opération au net comme au premier exemple.

Par le calcul : au Triangle A B C, droit en B, pour avoir le côté A C, diſtance des lieues de chemin, dites : Comme le ſinus du côté de l'angle donné C (de 33 d. 45 m. complément de l'angle oppoſé, 56 d. 15 m.) eſt au côté auſſi donné A B, 147 lieues majeures, ou 7 d. 21 m. S ; ainſi le ſinus B, de 90 d. eſt au côté cherché A C, 177 lieues de chemin fait ſur le Rhumb. *XXIV. Planche Fig. 6.*

Pour avoir le côté B C ou la Longitude, dites : Comme le ſinus de l'angle C, 33 d. 45 m. eſt au côté A B, 147 lieues ; ainſi le ſinus de l'angle A, 56 d. 15 m. eſt au côté cherché B C, 98 lieues mineures, leſquelles réduites en majeures & en dégrés de Longitude, donneront 6 d.

51 m. E de Longitude courus qui ſont à ajoûter à celle du départ, pour avoir 1 d. 36 m. de Longitude de l'arrivée.

IV. EXEMPLE.

XXV. Planche. On eſt parti de 45 d. 20 m. de Latitude N, & de 349 d. 56 m. de Longitude; on a couru 374 lieues entre N & E, & on s'eſt trouvé par 57 d. 50 m. de Latitude N. Nous avons encore ici deux choſes connues, ſçavoir les dégrés de Latitude courue (12 d. 30 m. N) & 374 lieues N E. Faites donc ainſi le Triangle de Navigation ſur le Quartier-de-réduction, pour avoir la Longitude de l'arrivée & le Rhumb de vent qu'il a fallu courir.

A eſt le point du départ ſur le Quartier; on comptera ſur A B 12 d. 30 m. de Latitude N courue, qui vallent 250 lieues majeures: C'eſt le premier côté du Triangle. Puis du point A, ouvrez le compas de la diſtance de 374 lieues courues ſur A B, & du centre A faites un arc de cercle. Du point où finiſſent les 250 lieues ſur A B, qui ſera le ſecond côté, tirez la paralléle à A C, laquelle coupera l'arc que vous venez de faire en un point, duquel vous tirerez en A, la ligne qui formera le troiſiéme côté du Triangle de Navigation. Dans ce Triangle vous connoiſſez la Latitude courue ſur A B, 250 lieues, le Rhumb de vent N-E 3 d. E, qui eſt la ligne de A au point d'interſection de l'arc avec la ligne paralléle à A C; enfin cette ligne qui va du point d'interſection avec le rhumb juſqu'à B, donnera 278 lieues mineures, leſquelles réduites, comme on ſçait, donneront 22 d. 33 m. de Longitude E, à ajoûter à ceux du départ, pour avoir 372 d. 29 m. ou 12 d. 29 m. de Longitude de l'arrivée. Mettez au net cette opération, comme on a dit ci-deſſus.

XXIV. Planche. Fig. d. Par le calcul: Au Triangle de Navigation A B C droit en B, pour avoir le rhumb A, dites: Comme le côté connu A C, 374 lieues majeures, eſt au ſinus B de 90 d. ainſi le côté connu A B, 250 lieues majeures, eſt au ſinus de C, 42 d. cherché, dont le complément 48 d. eſt le rhumb A, N-E 3 d. E de la route N & E, ſur laquelle on a fait 374 lieues.

Pour avoir le côté B C dites: Comme le ſinus de C 42 d. eſt au côté A B, 250 lieues majeures; ainſi le ſinus de A, 48 d. eſt au côté B C, paralléle à l'Equateur, 278 lieues mineures, leſquelles réduites, comme on ſçait, en dégrés de Longitude, donnent 22 d. 33 m. E: ajoûtez-les à ceux du départ, & vous aurez 12 d. 29 m. de Longitude au point de l'arrivée.

V. EXEMPLE.

XXV. Planche. On eſt parti de 45 d. de Latitude N, & de 15 d. de Longitude; on a ſinglé N - E $\frac{1}{4}$ N par les 21 d. 15 m. de Longitude. Nous avons à la vérité deux choſes connues, ſçavoir le Rhumb de vent, & la Longitude courue de 6 d. 15 m. E; mais cela ne nous donne qu'un angle certain du Triangle ſur le Quartier-de-réduction: car pour ſçavoir quel eſt le côté donné par la Longitude, il faut réduire les 6 d. 15 m. en lieues mineures, ce qui ne ſe peut que par le moyen paralléle, qui dépend de la Latitude courue, laquelle nous eſt inconnue. C'eſt à quoi l'on ſuppléra ainſi:

Faites

Faites une échelle de Latitudes croiſſantes, comme nous avons enſeigné ci-deſſus, dans laquelle le premier dégré ſoit égal à un dégré de Longitude, marqué en A C du Quartier-de-réduction; cela étant, placez le point de cette régle, où l'on marquera 45 d. le long de la ligne A B, de ſorte que 45 d. joigne A: puis ouvrez le compas de A vers C, de 6 d. 15 m. à la lettre S; d'où vous éleverez une perpendiculaire à A C, qui coupera le rhumb de vent N-E $\frac{1}{4}$ N au point T, duquel vous tirerez une paralléle à A C vers B, dans la ligne A B, le long de laquelle vous avez appliqué l'échelle: Or cette ligne T B étant prolongée juſques ſur l'échelle, elle y marquera 51 d. 15 m. de Latitude N, & partant vous trouverez la Latitude courue 6 d. 15 m. N: après quoi vous ôterez l'échelle, & compterez de A en B, 6 d. 15 m. ou 125 lieues N pour avoir le premier côté du Triangle. Du point où finiront ces lieues vous tirerez une ligne paralléle à A C, qui coupera le rhumb couru N - E $\frac{1}{4}$ N, vers L, & cette ligne ſera le ſecond côté du Triangle. Du point L en A vous acheverez le Triangle, dans lequel vous aurez pour le côté A B, 6 d. 51 m. de Latitude N courue, ou 125 lieues majeures. Le côté B L donnera 83 lieues mineures vers E, leſquelles réduites valent 6 d. 15 m. de Longitude, & étant ajoûtées auſd. 15 d., elles font 21 d. 15 m. de Longitude du lieu de l'arrivée. Comptez enfin les arcs qui coupent le rhumb de A en L, & vous aurez 150 lieues de diſtance courue. Mettez au net, comme ci-deſſus, cette opération.

Ce cas eſt très-rare, car on ne peut obſerver la Longitude qu'on ne connoiſſe l'heure, & on ne ſçauroit connoître l'heure préciſément, qu'on ne ſçache la Latitude du lieu.

Par le calcul: au Triangle A B C rectangle en B, il faut premiérement réduire le côté B C en lieues mineures, puiſque c'eſt un paralléle dont on connoît les dégrés de Longitude. Pour cela voyez combien de parties contient le premier dégré d'une Table de Latitude croiſſante, pris 6 fois 1 quart; ou bien multipliez par 6 $\frac{1}{4}$ les 20 parties contenues dans le premier dégré d'une Table de Latitude croiſſante, & vous aurez 125 parties. Faites le Triangle de ſuite A S T droit en S, dont vous connoiſſez l'angle A (complément de 33 d. 45 m.) & le côté 125 A S, & l'angle droit S. Enfin pour avoir S T, dites: Comme le ſinus de l'angle T, (33 d. 45 m. connu & alterne) eſt au côté connu A S, 125; auſſi le ſinus de l'angle connu 56 d. 15 m. eſt au côté T S, 188. Enſuite ajoûtez 188 parties à 1010, (qui répondent à 45 d. de la Table des Latitudes croiſſantes, dont le premier dégré eſt 20) & vous aurez 1198 parties, qui répondent à 51 d. 20 m. de Latitude. Convertiſſez enſuite ces 6 d. 20 m. de Latitude N, qui ſe trouvent ſur A B en lieues majeures, & vous aurez en A B pour le premier Triangle, un peu plus de 125 lieues. Reprenez le premier Triangle, où vous connoiſſez maintenant le côté A B, l'angle A, 33 d. 45 m. & ſon complément C, 56 d. 15 m. & puis dites: Comme le ſinus de C, 56 d. 15 m. eſt au côté A B, 125 lieues majeures; auſſi le ſinus de A, 33 d. 45 m. eſt au côté B C, 83 lieues mineures, que valent les 6 d. 15 m. de Longitude courue ſur le moyen paralléle de 48 d. Maintenant il ne reſte plus à connoître que le côté A C, à quoi l'on parviendra par cette analogie: Comme le ſinus C eſt au côté A B; ainſi le ſinus de 90 eſt au côté C A, 150 lieues majeures de diſtance courue ſur le rhumb connu.

XXIVe. Planche. Fig. e.

Route compoſée.

ON n'acheve jamais un voyage ſur une même route ou rhumb de vent ; & quand il s'agit de réduire en un ſeul Triangle toute la Navigation, pour ſçavoir où l'on eſt, on joint toutes les régles ci-deſſus, pour n'en faire qu'une ſeule, qu'on appelle route compoſée, qui donne d'un coup d'œil le point d'arrivée.

Ainſi ſuppoſé que l'on ſoit parti, par exemple, de 45 d. Latitude N, & 7 d. de Longitude, & que l'on ait couru les routes ſuivantes, on a coutume d'en rapporter le réſultat, tel qu'on l'a conclu par les Triangles particuliers ci-après :

Routes courues.		N	S	E	O
1re Route a produit . . .	100 lieues ſur N - E $\frac{1}{4}$.	83 l.		55 $\frac{1}{2}$	
2me Route . .	230 O N-O	88 $\frac{1}{2}$			112
3me Route . .	80 E $\frac{1}{4}$ S-E		15 $\frac{3}{4}$	78 $\frac{1}{2}$	
	Du total	171 $\frac{1}{2}$ N		Du total 212 O.	
	Otez	15 $\frac{3}{4}$ S		Otez 134 E.	
	Reſte des lieues majeures	155 $\frac{3}{4}$ N		Reſte des lieues 78m. O.	
	Eſtimées courues			Eſtimées courues non obſervées.	

XXV. Mais on vous demande préſentement le rhumb de vent qu'on auroit dû tenir venant en ligne droite, la Latitude & la Longitude de l'arrivée, & les lieues de diſtance entre le point de départ & celui de l'arrivée toujours en ligne droite. Faites alors le Triangle de Navigation, qui ſeul vous donnera tout cela.

Du point A, comme celui du départ, portez vers B en K les 155 $\frac{3}{4}$ de lieues majeures vers N, qui réſultent du calcul & qui valent à 20 au dégré 7, d. 47 m. de Latitude courue. Voilà le premier côté du Triangle. De K comptez parallélement à A C 78 lieues mineures O, leſquelles réduites ſur le moyen paralléle, comme on a déja dit, valent 5 d. 57 m. de Longitude courus vers O. Or ces 78 lieues finiront ſur la ligne K en V. Voilà le ſecond côté du Triangle. Enfin de V tirez la ligne A V, & vous aurez tout le Triangle A K V, dont le dernier côté AV donnera par la quantité de dégrés, dont il eſt éloigné de B, l'arc de N-N-O, 4 d. 12 m. O, qui eſt le rhumb cherché. Maintenant comptez ſur les arcs, depuis A juſqu'à V, les lieues de diſtance, & vous trouverez du départ à l'arrivée, 174 lieues de chemin en droite ligne. Mettez, ainſi qu'il ſuit, votre opération au net.

Latitude du départ N 45 d. 0 m.
Différence de Latitude N 7 47 . . . 1er côté 155 ¼ de lieues
Donc la Latitude d'arrivée N 52 47 majeures, à 20 au dégré.
Donc le moyen paralléle. 48 53

Longitude de départ 7 d. 0 m.
Différence en Longitude . . . .. } 2me côté sur le moyen paralléle de
Ou la Longitude courue O 5 57 } 48 d. 53 m. 78 lieues mineures O.
Donc la Longitude d'arrivée 1 3

Donc le rhumb de vent en droite ligne
à tenir N-N-O 4, d. 12 m. O . . . . } 3me côté du triangle rec-
Donc les lieues de distance en droite ligne 174 } tangle ou son hypotenuse.

Le calcul de ce Triangle par les sinus & les nombres sera court; car dès que l'on connoît dans ce Triangle A B C droit en B, les côtés B A & B C, il suffira simplement, pour avoir le côté A C, de joindre les quarrés de A B, 155 lieues ¼ au quarré de B C, 78 lieues : Alors la racine quarrée de leur somme donnera 174 lieues pour le côté A C. Pour connoître ce rhumb, on dira : Comme A C, 174 lieues, est au sinus B de 90 d; ainsi le côté B C, 78, est au sinus de A de 26 d. 57 m. égal à N-N-O, 4 d. 12 m. O. XXIV. Planche. Fig 1.

Corrections néceſſaires à faire dans toutes les Navigations ſur le Compas de route.

NOus avons ſouvent averti dans ce Traité, que pour la conduite d'un vaiſſeau, il falloit avoir ſoin d'obſerver de tems en tems la Déclinaiſon du Compas ou de la Bouſſole, laquelle varie plus ou moins tantôt d'une façon tantôt d'une autre, vers E ou vers O. Il s'agit maintenant d'enſeigner la maniére de faire la correction néceſſaire, ſuppoſé que la Bouſſole ait décliné depuis le tems du départ lors de l'obſervation de la Méridienne au tems de l'arrivée.

Il eſt évident que ſi l'Aiguille aimantée ou le Compas décline vers O, par exemple, il faut augmenter (au rhumb de vent qu'il convient prendre pour aller en E) la quantité de dégrés, dont le Compas décline vers O. Si au contraire la route eſt vers O, il faut diminuer cette même quantité de dégrés, parce que c'eſt le côté vers lequel le Compas décline, comme nous le démontrerons dans l'exemple ſuivant. Si donc je voulois aller en un lieu éloigné de 11 d. & demi de Latitude O, il me faudroit prendre le premier rhumb de vent & faire marquer 11 d. & demi O. à la Bouſſole; mais ſuppoſant qu'elle décline vers O. de 11 d. & demi, il ſuffira de la laiſſer en ſa ſituation, & alors le Cap ou Bouſſole ſe trouvera miſe comme il convient.

Si avec la même déclinaiſon je voulois aller directement au N, il lui faudroit faire marquer 11 d. & demi E; mais comme je veux aller à 11 d. & demi vers E, il me faut faire marquer au Compas, 23 d. E pour aller vers 11 d. & demi, d'où il ſuit qu'il faut augmenter la déclinaiſon du

Compas à la route, ſi cette route eſt du côté oppoſé à la déclinaiſon, & diminuer cette déclinaiſon de la route, ſi elles étoient toutes deux de même côté. Nous ajoûterons ici trois exemples qui comprendront tous les cas, & nous les appliquerons à la route compoſée ci-deſſus.

Si donc le Compas de route avoit eu de la Déclinaiſon en partant, laquelle eût continué la même pendant la premiere route, par exemple, de 8 d. O, on écriroit ainſi : 1re route, 100 lieues N-E ¼ N, plus 8 d. de variation ; Partant 100 lieues N-E ¼ N, 8 d. E.

Si dans la ſeconde route le Compas s'étoit trouvé varier pendant toute la route de 8 d. E, il faudroit écrire ainſi : 2me route, 230 lieues O-N-O, plus 8 d. de variation E ; Partant 230 lieues O-N - O, 8 d. O. Mais ſi cette même route avoit été E-N-E, on auroit écrit ; 230 lieues E-N-E moins 8 d. ou 230 lieues N-E ¼ E 3 d. 15 m. E, parce que la route auroit été du côté de la variation, ce qui diminue le rhumb.

Enfin ſi dans la troiſiéme route le Compas avoit varié au commencement de 8 d. O, & à la fin de 4 d. O, on diroit qu'il a eu 6 d. de variation O pendant toute la route, & l'on écriroit : 3me route, 80 lieues E. ¼ S - E moins 6 d. E, variation moyenne ; Partant 80 lieues E - S - E. 5 d. & demi E ; parce que c'eſt le côté oppoſé à la fleur-de-lis, c'eſt-à-dire, au Nord de la Bouſſole qui conduit : Mais ſi la fleur-de-lis décline O, l'autre bout déclinera E ; & la déclinaiſon étant du côté de la route, il la faudra augmenter. Il ne faut, pour comprendre tout ceci, que jetter les yeux ſur la figure 1. planche 23e

Corrections à faire ſur l'eſtime.

ON voit aiſément par les obſervations ci-deſſus faites, que toute route compoſée n'eſt fondée que ſur des calculs & des eſtimes, & qu'ainſi l'on ne peut avoir que des Latitudes, des Longitudes, des rhumbs & des lieues eſtimés : Or tout cela n'eſt auſſi fondé que ſur l'eſtime du Loch, qui peut n'être pas reſté immobile, comme on l'a cru, lorſqu'on s'en eſt ſervi, & ſur le Rhumb de route, qui auroit pû varier pendant les routes ſimples. D'où il réſulte que toutes les routes compoſées ont beſoin de correction.

Premiére correction. Si au point de l'arrivée, on pouvoit obſerver la Latitude & la Longitude par les hauteurs des Aſtres ou par quelque Eclipſe, la correction du Triangle de Navigation ſeroit aiſée, parce qu'on auroit les deux côtés du Triangle, & que l'on opéreroit comme dans le premier exemple d'une Navigation ſimple.

Seconde correction. Si au point de l'arrivée on trouvoit que la Latitude obſervée ne fût pas conforme à celle faite par eſtime (comme ſi elle étoit obſervée être de 54 d. au lieu de 52 d. 47 m. qu'elle auroit été eſtimée) il faudroit ſçavoir ſi l'erreur doit tomber ſur les 174 lieues eſtimées, ou ſur le Rhumb de vent auſſi eſtimé N-N-O 4 d. 12 m. O. Or il eſt certain que cette erreur eſt du côté qui en eſt le plus ſuſceptible, ſans qu'on s'en apperçoive aiſément, d'où il ſuit que cette erreur n'eſt pas ici du côté du Rhumb, parce qu'il faudroit qu'il fût arrivé un changement très-conſidérable dans la roſe vers O, & il faudroit reculer le Rhumb d'une maniére trop ſenſible pour le faire cadrer avec la Latitude obſervée ; il

faut donc que cette erreur ſoit de la part de l'eſtime des lieues, qui a été jugée trop grande, ce qui a pû arriver inſenſiblement. Ainſi l'on corrigera l'erreur de cette façon : On retiendra le Rhumb eſtimé, qui donnera un côté & un angle du Triangle de Navigation ; la Latitude obſervée donnera l'autre côté, & l'on achevera comme au troiſiéme Exemple ci-deſſus. En un mot les deux premiers quarts de vents de part & d'autre de N & S, paſſent pour n'être pas ſuſceptibles d'erreur.

Troiſiéme correction. Si au point de l'arrivée on obſervoit une Latitude différente de celle qu'on a eu par l'eſtime, & ſi le Rhumb auſſi eſtimé étoit un des deux premiers Rhumbs de part & d'autre de E & de O, il faudroit par la raiſon contraire de ce que nous venons de dire, trop corriger les lieues de diſtance eſtimées, pour cadrer avec la Latitude obſervée. Ainſi comme l'erreur ſeroit du côté du Rhumb eſtimé, il faudroit alors conſerver les lieues de diſtance eſtimées qui donneroient l'hypotenuſe du Triangle, & la Latitude obſervée donneroit un côté : enſuite on opéreroit pour avoir le reſte comme dans le quatriéme Exemple ci-deſſus. En un mot les lieues de diſtance ſous les deux premiers Rhumbs de part & d'autre de E ou de O paſſent pour exemtes d'erreur.

Quatriéme correction. Si au point de l'arrivée on trouve par obſervation la Latitude différente de celle que l'eſtime a donnée, & ſi le Rhumb trouvé auſſi par eſtime n'eſt pas un des deux premiers de chaque côté de N & de S, d'E ou de O, l'erreur peut également tomber & ſur le Rhumb, & ſur les lieues eſtimées. C'eſt pourquoi il faut chercher la maniére de corriger celles-ci & celui-là. Pour cela tendez ſur le Quartier-de-réduction le fil du point A, centre du Quartier ſur le Rhumb eſtimé N-E $\frac{1}{4}$ N ; comptez par les arcs, qui le coupent, les lieues eſtimées 230 ; & de ce point, où elles ſe terminent, comme en M, comptez ſur une ligne paralléle à AC vers B, les lieues mineures E ou O, ſuivant qu'il convient, ſuppoſé qu'elles ſoient trouvées 128 lieues mineures.) Enſuite comptez de A vers B en E la Latitude obſervée 46 d. S. Obſervez que la différence entre la Latitude obſervée, & celle eſtimée, eſt de 7 d. S, par les lieues qui répondent à 20 au dégré, qui valent 140 lieues. De ce point E tirez parallélement à AC la ligne EL juſqu'à la ligne AM, & comptez les lieues mineures de E en L, que nous ſuppoſons etre de 94 ; ajoûtez à ces 94 la moitié de la différence de 94 à 128 qu'on les avoit en premier lieu, laquelle eſt 17 moitié de 34, & vous aurez 111 lieues mineures à compter de E vers L en N ; & de ce point vous tirerez la ligne AN, qui ſera le Rhumb corrigé. Enfin vous acheverez le Triangle comme dans le troiſiéme Exemple, où (ſans avoir recours à aucune autre régle, puiſque vous avez les trois côtés du Triangle) il ne reſtera plus qu'à réduire les lieues mineures en lieues majeures pour avoir la Longitude auſſi corrigée.

XXV. Planche

Voici un exemple de route corrigée dans ce dernier cas, car les trois autres ſont très-faciles.

Suppoſons, par exemple, le point du départ à 53 d. de Latitude S, & 358 d. de Longitude. Ces routes compoſées ont fait eſtimer qu'on étoit arrivé à 230 lieues N-E $\frac{1}{4}$ N, & au 43 d. de Latitude S. On obſerve néanmoins que cette Latitude eſt de 46 d. il y a donc erreur. D'ailleurs le Rhumb de vent à côté de E & O, n'eſt pas des 4 exemts de correction ; Donc l'erreur n'eſt pas ſeulement de la part du Rhumb eſtimé,

Ce Rhumb n'eſt pas auſſi des 4 à côté de N & S. Donc l'erreur n'eſt pas auſſi du côté des lieues ſeulement : Cette erreur tombe donc & ſur le Rhumb & ſur les lieues eſtimées, qu'il faut corriger tous deux comme nous venons de le dire. Voici l'opération au net.

Latitude du départ S	53 d.	
Latitude obſervée à l'arrivée S	46	1er côté du Triangle,
Donc la différence véritable de la Latitude ou la Latitude courue N.	7	140 lieues majeures N, à 20 au dég. valent 7 d.
Donc le moyen paralléle	49 d. 30 m.	de Latitude N courus.

Lieues mineures eſtimées E	228 d.
Lieues mineures priſes ſur le véritable paralléle E & obſervées	94

La ſomme de ces différentes lieues E	222 d.	2me côté du Triangle ſur le moyen paralléle de 49 d. 30 m.
Donc prenant moitié de la différence on aura ces lieues corrigées E	111	111 lieues mineures E, qui valent 8 d. 36 m. de Longitude courue.

Longitude du départ	358 d.	
A cauſe des lieues mineures corrigées différence E en Longitude	8	36 m.
Donc la Longitude de l'arrivée	6	36

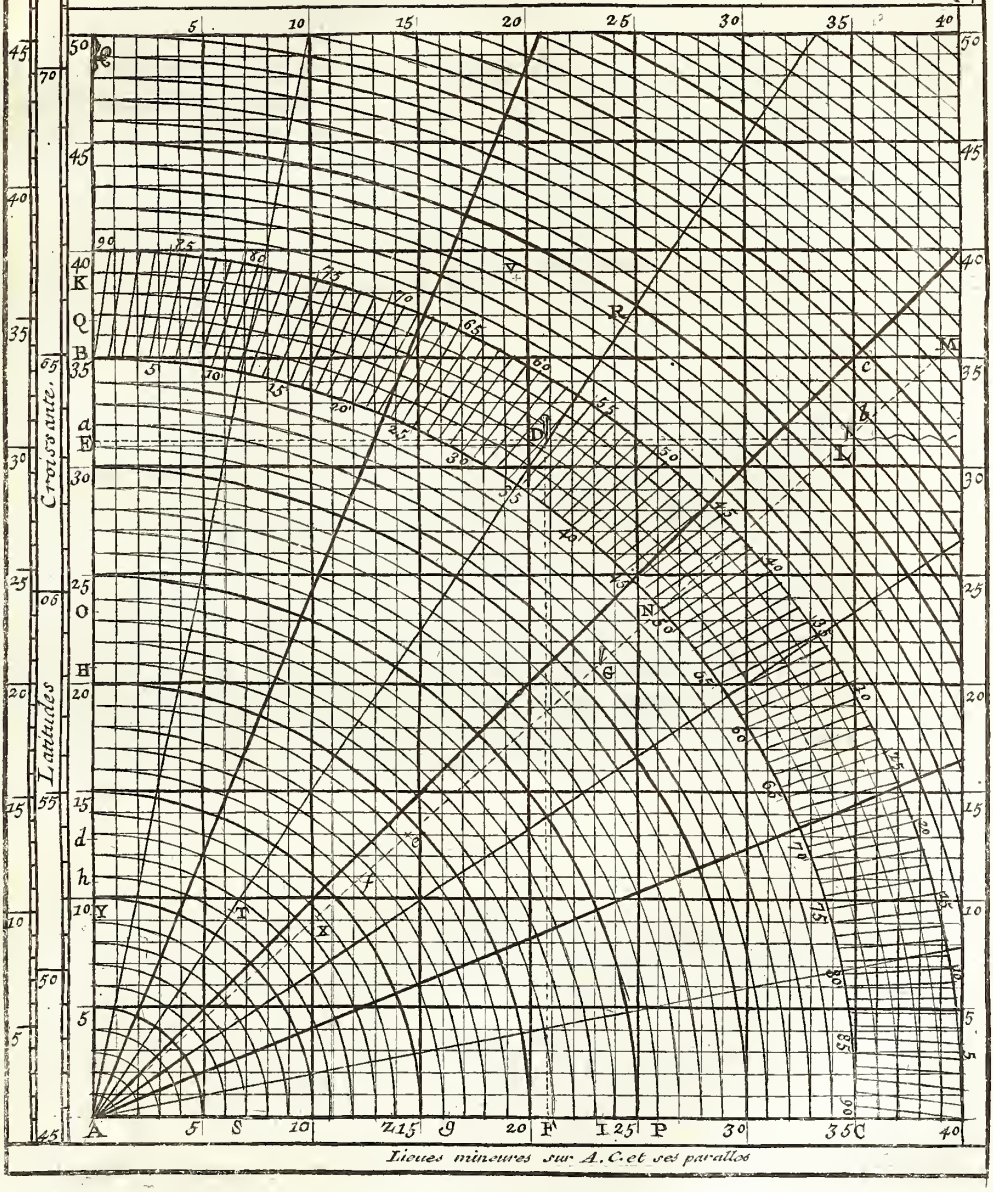
Donc le Rhumb de vent corrigé à tenir pour venir en droite ligne N E 6 d. 30 m. N	3me côté ou hypotenuſe du Triangle rectangle de Navigation compoſée, réduite & corrigée.
Donc lieues de diſtance corrigées à courir en droite ligne 179.	

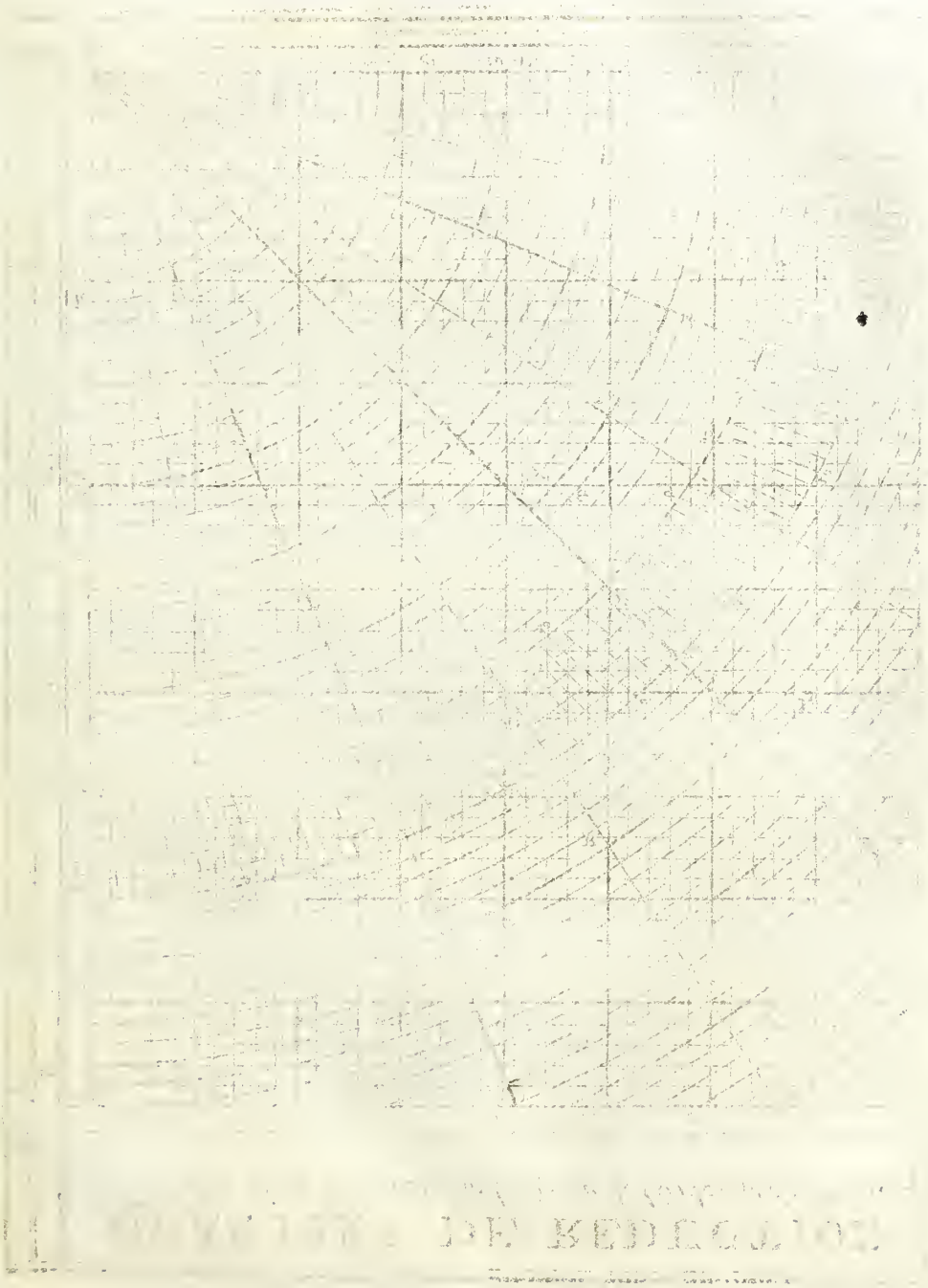
XXIV. Planche. Fig. 8. Par le calcul : Au Triangle A B C rectangle en B de Navigation eſtimée, le côté AB eſt ſupoſé de 10 d. de Latitude S, ou 200 lieues ; le côté BC eſt eſtimé 128 lieues mineures, & le côté A C 230 lieues, à 20 au dégré ; le Rhumb eſt eſtimé, N-E $\frac{1}{4}$ N. On juge qu'il y a erreur dans le Rhumb & dans l'eſtime des lieues par les raiſons ci-deſſus, la véritable Latitude qu'on a obſervée à l'arrivée n'étant que de 46 d. S. Partant on n'a couru que 7 dég. de Latitude S, au lieu de 10 d. qu'on eſtimoit. Pour corriger cette erreur tant ſur le Rhumb, que ſur les lieues eſtimées (comme on a dit qu'il le falloit faire en ce cas ci) changez le Triangle & faites le côté B C en *b c* préciſément où finiſſent les 140 lieues de la différence de Latitude obſervée ; & pour avoir le côté *b c* en lieues mineures dites : Comme le ſinus du complément du Rhumb qu'on ſuppoſe encore être N-E $\frac{1}{4}$ N, ou de 33 d. 45 m. (qui eſt ici de 57 d. 15 m. C) eſt au côté A*b*, 140 lieues majeures : Ainſi le ſinus du Rhumb A (33 d. 45 m.) eſt au côté *b c*, qui donnera 94 lieues mineures, auſquelles vous ajoûtez la moitié de la différence juſqu'à ce même côté B C eſtimé 128 ; alors vous aurez le véritable côté paralléle *b c*, 111 lieues mineures. Voilà le paralléle corrigé.

Maintenant corrigez le Rhumb, en ajoûtant les quarrés de 140 lieues majeures du côté A*b*, & de 111 lieues mineures du côté *b c*, & la Racine quarrée de leur ſomme donnera le véritable nombre des lieues A*c*, 179,

QUARTIER DE REDUCTION.

A Paris Chez N. BION, sur le Quay de l'Orlorge du Palais.





qui ſeront majeures. Enfin pour avoir le Rhumb, dites : Comme le côté 179 lieues, eſt au ſinus de 90 d. *b*; Ainſi le côté *b c*, 111 lieues mineures, eſt au ſinus du quatriéme terme, qui ſera de 38 d. 30 m. qui valent N-E-6-d.-N.

CHAPITRE V.

Des Cartes Hydrographiques ou Marines.

ON ſe conduit ſur les eaux par le ſecours des Cartes Hydrographiques, comme on fait ſur terre par le moyen des Cartes Géographiques. Les Cartes plattes ou au point plat, ſont dans la Navigation ce que les Topographiques ſont dans la Géographie. Quant à leurs conſtructions, elles ſont les mêmes ; les dégrés de Longitude & de Latitude y ſont égaux contre le véritable état des choſes, & l'uſage de toutes deux ſe trouve borné à une très-petite étendue de pays & de côtes. Les opérations s'y pratiquent comme dans un quarré, qui comprendroit le premier dégré de Longitude & le premier de Latitude ſur la Carte réduite, dont nous parlerons ci-après.

Les Cartes générales, comme ſont les Mappemondes ou Globes terreſtres, embraſſent à la vérité toute la terre ou la moitié au moins, mais auſſi elles ſont moins détaillées : elles repréſentent la terre telle qu'elle eſt, ou telle qu'elle paroîtroit à l'œil, qui en regarderoit le globe à une certaine diſtance ; mais la conſtruction de ces Cartes eſt bien plus difficile. Nous avons donné (en notre Livre des *Uſages de l'Aſtrolabe*, & en celui des *Uſages des Globes Liv.* 3 *Section* 2.) la maniére de tracer toutes les Cartes géographiques. On ne ſe ſert de ces Cartes générales ou Globes, que dans les longs cours ſur mer, parce que les opérations de la Navigation s'y pratiquent avec beaucoup de difficulté, & demandent des obſervations bien fréquentes. Nous donnerons néanmoins les principales régles de la Navigation ſur ces ſortes de Cartes, après que nous aurons parlé des Cartes réduites, qui répondent aſſez pour leurs conſtructions & leurs uſages aux Cartes particuliéres de Géographie.

De la Loxodromie.

LA planche 26me repréſente une Carte appellée *réduite* ou *au point réduit*. Mais avant que d'en donner la conſtruction & les uſages, nous ne pouvons nous diſpenſer de dire quelque choſe de ce qui regarde la *Loxodromie*.

Il faut ſçavoir que tant qu'un vaiſſeau eſt pouſſé par un même vent ſur la Bouſſole, il doit toujours faire le même angle avec tous les Méridiens qu'il rencontre ſur la ſurface du Globe terreſtre. Car s'il court N & S, il fait un angle infiniment aigu avec le Méridien qu'il décrit, c'eſt-à-dire, qu'il lui eſt paralléle, ou plutôt qu'il le ſuit & ne s'en écarte point. S'il court E & O, il coupe à angles droits tous les Méridiens, puiſqu'il décrit ou l'Equateur ou un des cercles qui lui ſont paralléles.

Mais ſi la courſe du Vaiſſeau eſt moyenne entre ces deux courſes-ci ; alors il ne décrira plus un cercle, parce qu'un cercle tracé de cette maniére couperoit tous les Méridiens à angles inégaux, ce que le vaiſſeau ne doit pas faire. Il décrit donc une autre courbe, dont la condition eſſentielle eſt de couper tous les Méridiens ſous le même angle. On la nomme *Loxodromique*, ou ſimplement *Loxodromie* ; ce mot eſt compoſé de deux mots grecs, ſçavoir de λοξὸς, *oblique*, & de δρόμος, *courſe*. Ainſi une ligne *Loxodromique* eſt donc une *ligne oblique* que décrit un vaiſſeau dans une certaine direction : c'eſt une eſpéce de ſpirale qui fait une infinité de tours ſans pouvoir arriver à un certain point, qui eſt le pôle où elle tend, & dont elle s'approche à chaque pas.

La route d'un vaiſſeau, à l'exception des deux premiéres que nous avons marquées, eſt donc toujours une *Loxodromique*. Elle eſt l'hypotenuſe d'un Triangle rectangle ſphérique, dont les deux côtés ſont le chemin du vaiſſeau en Longitude & en Latitude.

On a d'ordinaire la Latitude par obſervation ; par la Bouſſole on a l'angle de la Loxodromie avec l'un ou l'autre des deux côtés ; & ce qu'on cherche par le calcul de la Trigonométrie, c'eſt la valeur de la Longitude parcourue & de la Loxodromie, ou route du vaiſſeau.

Mais comme cette ligne courbe eſt embaraſſante pour les calculs, on a voulu avoir la route en ligne droite, & il a fallu conſerver à cette ligne droite l'eſſence de la Loxodromie, qui eſt de couper toujours les Méridiens ſous le même angle. Mais cela eſt abſolument impoſſible, tant que les Méridiens ne ſont point paralléles entre eux, comme en effet ils ne le ſont pas. Il a donc fallu ſuppoſer les Méridiens paralléles, d'où il eſt arrivé que les dégrés de Longitude inégalement éloignés de l'Equateur ont été ſuppoſés de même grandeur, quoique réellement ils diminuent toujours depuis l'Equateur ſelon une certaine proportion connue. Ainſi pour réparer cette erreur, les dégrés de Latitude, qui par la nature de la Sphére ſont égaux par-tout, ſont augmentés dans les Cartes Hydrographiques, en même proportion que ceux de Longitude auroient dû décroître. Et conſéquemment l'inégalité qui devroit être dans les dégrés de Longitude de différens paralléles, ſe rejette ſur les dégrés de Latitude, comme nous le dirons ci-aprés : or les Cartes conſtruites de cette maniére s'appellent *réduites*.

Conſtruction des Cartes réduites.

XXVI. Planche. POur augmenter les dégrés de Latitude, à proportion que ceux de Longitude ſe trouvent aggrandis, on les fait égaux à ceux de l'Equateur, & l'on employe les ſécantes, qui augmentent autant les unes ſur les autres, que les ſinus de complément de Latitude (qui devroient repréſenter les dégrés de Longitude) ont été augmentés en les faiſant égaux au rayon de l'Equateur par le paralléliſme des Méridiens ; Car le ſinus de complément d'un arc eſt au ſinus total, comme le ſinus total eſt à la ſécante de ce même arc.

Ainſi prenant pour un dégré de l'Equateur & pour le premier dégré de Latitude le rayon entier ou une partie aliquote quelconque de ce rayon, on prend pour le ſecond dégré de Latitude la ſécante d'un dégré ou la partie aliquote ſemblable de cette ſécante ; pour le troiſiéme dégré de Latitude

titude on prend la ſécante de deux dégrés ou la partie aliquote ſemblable, & ainſi de ſuite.

Lorſqu'on veut avoir une Carte à plus grand point, on prend pour 30 m. de Latitude & pour 30 m. de l'Equateur, un rayon de Cercle ou une partie aliquote quelconque de ce rayon, pour un dégré de Latitude. Ainſi pour avoir 1 d. & demi de Latitude, on ajoûte de ſuite la ſécante de 30 m.; pour deux dégrés de Latitude, on ajoûte de même la ſécante d'un dégré; & pour 3. on ajoûte pareillement la ſécante d'un dégré & demi, ou 30 m. ou bien les parties aliquotes ſemblables de ces ſécantes; & ainſi de ſuite.

On ſe ſert pour cela dans la pratique, d'une échelle de parties égales, ſur laquelle on prend le nombre des parties qui répondent à peu près aux ſécantes, qui ſe trouvent dans les Tables, en retranchant les derniéres figures.

Dans ces Cartes l'échelle eſt changeante à meſure qu'on change de Latitude; donc ſi on a navigé, par exemple, entre le 40 & le 50e paralléle, les dégrés des Méridiens, qui ſont entre ces deux paralléles, ſerviront d'échelle pour meſurer la route; d'où il eſt évident que l'on trouve moins de lieues ſur les paralléles, à meſure qu'ils s'approchent des Pôles, puiſqu'on les meſure par une grandeur qui croît auſſi toujours en s'avançant vers les Pôles.

Cela poſé, vous voulez tracer une Carte réduite du 40me d. de Latitude ſeptentrionale juſqu'au 50, & depuis le 6me d. de Longitude juſqu'au 18, tracez premiérement la ligne A B, qui repréſentera le 40me paralléle à l'Equateur; diviſez-la en 12 parties égales pour les 12 d. de Longitude que contient cette Carte; ayez un compas de proportion ou une échelle diviſée, dont cent parties ſoient égales à chacun de ces dégrés, élevez perpendiculairement ſur les extrémités de la ligne A B deux autres lignes qui repréſenteront deux Méridiens paralléles, leſquels vous diviſerez en ajoûtant bout à bout les ſécantes convenables. Ainſi pour la diſtance du 40 au 41 d. de Latitude, prenez ſur votre échelle 131 parties & demie, qui eſt la ſécante de 40 d. 30 m.: Pour la diſtance du 41 au 42, prenez 133 parties & $\frac{1}{2}$, qui eſt la ſécante de 41 d. 30 m. Pour la diſtance du 42 au 43, prenez pareillement 136 parties, ſécante de 42 d. 30 m. & ainſi de ſuite juſqu'au dernier dégré de votre Carte, qui ſera de 154 parties, ſécante de 49 d. 30 m. & marquera la diſtance du 49 d. de Latitude au 50, & par ce moyen les dégrés de Latitude ſeront augmentés dans la même proportion que ceux de Longitude auroient dû décroître.

Cette échelle de Latitudes croiſſantes ſe fait bien plus exactement par le calcul, en faiſant cette régle de proportion, pour avoir le 2^{d} d. de Latitude croiſſante. Le premier dégré eſt ſuppoſé de 60 parties, & dites: Le ſinus total 100000 eſt à 60 comme 100008, (ſécante de 1 d. 30 m.) eſt au 4me terme qui viendra au 4me terme environ 90 qu'il faudroit ajoûter aux 60 du premier dégré, pour avoir 150 parties par la Latitude croiſſante de 2 d. ſur l'échelle de la Carte réduite.

Deuxiéme exemple: Pour avoir la diſtance du 9me dégré de Latitude juſqu'au 10me. faites la régle comme ci-deſſus: 100000 eſt à 60. comme 101390 (ſécante de 9 d. 30 m.) eſt au 4me terme 61 qui donne ſur l'échelle réduite cette diſtance du 9 d. au 10 d. de Latitude. On voit que les deux premiers termes de la régle ſont toujours le rayon total, & la diſtance de 60 au premier dégré. C'eſt ſur ce principe que la Table ſuivante a été calculée.

Table des parties de Latitudes croiſſantes de 10 *en* 10 *minutes.*

M.	0 D.	1 D.	2 D.	3 D.	4 D.	5 D.	6 D.	7 D.	8 D.	9 D.	10 D.	11 D.	12 D.	13 D.	14 D.
0	0	60	120	180	240	300	360	421	482	542	603	664	725	787	848
10	10	70	130	190	250	310	370	431	492	552	613	674	735	797	859
20	20	80	140	200	260	320	380	441	502	562	623	684	746	807	869
30	30	90	150	210	270	330	390	451	512	573	634	695	756	818	879
40	40	100	160	220	280	340	400	461	522	583	644	705	766	828	890
50	50	110	170	230	290	350	410	471	532	593	654	715	776	838	900
M.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0	910	973	1035	1098	1161	1225	1289	1354	1419	1484	1550	1616	1684	1751	1819
10	921	983	1046	1109	1172	1236	1300	1364	1429	1495	1561	1628	1695	1762	1831
20	931	993	1056	1119	1183	1246	1311	1375	1440	1586	1572	1639	1706	1774	1842
30	641	1004	1067	1130	1193	1257	1321	1386	1451	1517	1583	1650	1717	1785	1854
40	952	1014	1077	1140	1204	1268	1332	1397	1462	1528	1594	1661	1729	1797	1865
50	962	1025	1088	1151	1214	1278	1343	1408	1473	1539	1605	1672	1740	1808	1877
M.	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
0	1888	1958	2028	2099	2171	2244	2318	2393	2468	2545	2623	2702	2782	2863	2946
10	1900	1970	2040	2111	2184	2256	2330	2405	2481	2558	2636	2715	2795	2877	2960
20	1911	1981	2052	2123	2196	2269	2343	2418	2494	2571	2649	2728	2809	2890	2974
30	1923	1993	2064	2135	2208	2281	2355	2430	2506	2584	2662	2741	2822	2904	2988
40	1935	2005	2076	2147	2220	2293	2368	2443	2519	2597	2675	2755	2836	2918	3002
50	1946	2017	2088	2159	2232	2306	2380	2456	2532	2610	2688	2798	2849	2932	3016
M.	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
0	3030	3116	3203	3291	3382	3474	3569	3665	3764	3865	3967	4074	4183	4294	4409
10	3044	3130	3217	3306	3397	3490	3585	3681	3780	3882	3985	4092	4201	4313	4429
20	3058	3144	3232	332	3412	3506	3601	3698	3797	3899	4003	4110	4219	4332	4448
30	3072	3159	3247	333	3428	3521	3617	3714	3814	3916	4021	4128	4238	4351	4468
40	3087	3173	3262	335	3443	3537	3633	3731	3831	3933	4038	4146	4257	4370	4488
50	3101	3188	3275	3367	3459	3553	3649	3747	3848	3951	4056	4164	4275	4390	4507
M.	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
0	4527	4649	4775	4905	5039	5179	5323	5474	5631	5794	5966	6146	635	6534	6746
10	4547	4670	4796	492	5062	5202	5348	5500	5658	5822	5995	6176	6367	6569	6782
20	4568	4691	4818	4949	5085	5226	5373	5525	5685	5851	6025	6208	6400	6603	6819
30	4588	4712	4839	4972	5108	5250	5398	5552	5712	5879	6055	6240	6433	6638	6856
40	4608	4733	4861	4994	5132	5275	5423	5578	5739	5908	6085	6271	6467	6674	6894
50	4629	4755	4883	5017	5155	5299	5448	5604	5767	5937	6115	6303	6500	6710	6932
M.	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
0	6970	7210	7467	7745	8046	8375	8739	9141	9606	10137	10765	11533	12522	13917	16300
10	7009	7251	7512	7793	8099	8433	8804	9215	9689	10234	10884	11679	12715	14216	16926
20	7348	7294	7557	7842	8152	8494	8869	9292	9774	10334	11002	11832	12927	14543	17694
30	7088	7336	7603	7892	8207	8552	8936	9368	9861	10437	11127	11992	13149	14906	18682
40	7138	7379	7650	7942	8262	8614	9005	9446	9951	10543	11257	12160	13387	15311	20075
50	7169	7423	7697	7994	8318	8676	9074	9525	10043	10652	11392	12334	13641	15770	22458

Pour placer les Rhumbs de vent ſur les Cartes réduites, choiſiſſez un endroit commode vers le milieu de la Carte, comme le point R, duquel comme centre vous décrirez un cercle aſſez grand pour être diviſé en 32 parties égales, pour les 32 airs de vent de la Bouſſole. Et ayant tracé vers le haut de la Carte le Rhumb de vent qui marquera le N, paralléle aux deux Méridiens diviſés, vous y ferez une Fleur-de-lis, qui fera connoître tous les autres Rhumbs de vent, dont les principaux ſe doivent diſtinguer par des lignes plus groſſes.

Enſuite vous placerez, ſuivant leurs Longitudes & Latitudes, les Villes qui ſont ordinairement repréſentées par leurs plans, ou par un amas de clochers & de tours, les montagnes par des ondes, les rivages & les vallées par des hachures, les fleuves & les riviéres par des lignes qui ſerpentent, les forêts par des arbriſſeaux en grouppe, les ports & les rades par des ancres, les mouillages de même, les Iſles par leur enceinte hachée de toutes parts du côté de l'eau, les côtes comme les rivages, les bancs de ſable ou Syrtes par des petits points, les écueils & rochers par des pointes de roche, quand ils ſont découverts, & par de petites croix, quand ils ſont cachés ſous l'eau, &c. & vous formerez ainſi votre Carte. Vous pourrez auſſi faire pluſieurs Rhumbs de vent, ſuivant la grandeur de la Carte; mais il faut que les lignes N S ſoient toujours paralléles entre elles.

Uſage des Cartes réduites.

L'Expérience de pluſieurs ſiécles a fait connoître que pour l'uſage des Pilotes il faut des Cartes très-ſimples, où les Méridiens, les paralléles à l'Equateur & les Rhumbs de vent ſoient repréſentés par des lignes droites pour la facilité du pointage de leurs routes. En effet le principal uſage des Cartes marines eſt d'y pouvoir pointer ou compaſſer les routes, à quoi les Cartes réduites ſont les plus propres, & l'on s'en ſert ordinairement comme des meilleures.

Pointer ou *compaſſer une route*, c'eſt marquer ſur la Carte le point d'où l'on eſt parti, celui où l'on eſt arrivé, avec leur diſtance, & le Rhumb qu'on a ſuivi, comme auſſi leur Longitude & Latitude. Ainſi ſoit qu'on ait un voyage à faire ſur terre, ou que l'on ſoit en chemin ſur mer, il y a quatre choſes à connoître, la Longitude & la Latitude du lieu où l'on va ou de celui où l'on eſt, le Rhumb de vent tenu ou à tenir, & la Diſtance des lieues faites ou à faire. Or il ſuffit de connoître deux de ces choſes-là pour découvrir les deux autres; ce qui peut ſe combiner en cinq maniéres que nous allons expliquer par autant d'exemples ſuivans, en ſuppoſant toujours la Longitude & la Latitude du départ connues.

I. EXEMPLE.

La Longitude & la Latitude du départ ſuppoſées, connoiſſant le Rhumb de vent & la diſtance des lieues, on demande la Longitude & la Latitude de l'arrivée. Un vaiſſeau parti de l'Iſle d'Oueſſant a ſuivi le S-O $\frac{1}{4}$ au S, pour aller au cap de Finiſtere. Le maître Pilote (ayant examiné la force du vent, la quantité de voiles déployées, & connoiſſant par les régles ci-deſſus établies *chap. III*, la viteſſe de ſon navire) eſtime avoir fait 50 lieues de chemin pendant 20 heures de tems qu'il eſt en route, & pour marquer ſur la Carte le point où eſt le vaiſſeau, il doit prendre avec un compas l'étendue de 2 d. & demi, équivalens à 50 lieues ſur le Méridien, depuis le 46me d. juſqu'au 48me d. 30 m. & porter une pointe du compas ainſi ouvert ſur le lieu d'où il eſt parti, & l'autre pointe étant conduite ſur la ligne de route marquera le point T, où eſt arrivé le vaiſſeau. Que ſi vous ſouhaitez ſçavoir la Longitude & la Latitude de ce lieu d'arrivée, mettez une pointe de compas ſur le point T, & l'autre ſur le plus proche

paralléle, conduiſez perpendiculairement le compas ainſi ouvert le long du paralléle juſqu'au Méridien ; & le dégré où aboutira le compas marquera la Latitude du point T. Pour la Longitude mettez une pointe du compas en T, & l'autre ſur le Méridien le plus proche, faites couler le compas vers le paralléle diviſé, & il vous marquera le dégré de Longitude.

Comme les paralléles & les Méridiens ne traverſent point la Carte, pour ne la pas embarraſſer avec les Rhumbs de vent, on ſe ſert d'une régle qui traverſe la Carte de part & d'autre, & qui fait le même effet.

II. EXEMPLE.

La Longitude & la Latitude du départ ſuppoſées connoiſſant le Rhumb de vent & la Latitude de l'arrivée, on demande la Longitude & la diſtance des lieues. Un Pilote ſçachant le Rhumb de vent qu'il a ſuivi depuis ſon départ, & ayant pris hauteur, connoît la Latitude où eſt ſon vaiſſeau. On veut qu'il marque ſur la Carte le lieu où il eſt, & combien de chemin il a fait. Il faut ſuppoſer qu'étant parti de l'Iſle d'Oueſſant il eſt arrivé en un lieu dont la Latitude eſt de 46 d. ; cela étant, il ouvrira le compas depuis 46 d. du Méridien juſqu'à 48 d. 30 m. qui eſt la Latitude du départ, où ayant placé une régle juſqu'à l'Iſle d'Oueſſant, il fera couler le long de cette régle une pointe de compas juſqu'à ce que l'autre pointe rencontre la ligne de route ; le point d'interſection ſera celui où étoit le vaiſſeau au tems de l'obſervation, & par conſéquent marquera ſa Longitude. A l'égard du chemin parcouru, ouvrez le compas depuis ce point juſqu'au lieu du départ, & portez cette ouverture ſur le Méridien vis-à-vis de la route ; & elle ira depuis 45 d. 30 m. juſqu'à 48 d. 30 m. qui ſont 60 lieues de chemin, à raiſon de 20 lieues par dégré.

III. EXEMPLE.

La Longitude & la Latitude du départ ſuppoſées, connoiſſant la Latitude de l'arrivée & la diſtance du chemin couru, on demande la Longitude de l'arrivée & le Rhumb de vent qu'on a tenu.

Un navire parti de 46 d. de Latitude N, & de 5 d. de Longitude, a couru 200 lieues entre le S & l'O, & s'eſt trouvé par les 40 d. 30 m. de Latitude N. Pour avoir la Longitude de l'arrivée & le Rhumb de vent qu'a tenu le vaiſſeau, ouvrez le compas à la diſtance de 10 d. comptant 20 lieues par dégré, entre les Latitudes du départ & de l'arrivée ſur le Méridien depuis 40 d. juſqu'à 46 d. ; mais comme cela ne ſuffit pas, & qu'il n'y a que 6 d. prenez une ouverture de compas proportionnelle au-deſſus & au-deſſous de la Latitude courue, comme depuis 38 d. juſqu'à 48 d. de Latitude pour les 200 lieues courues ; mettez le compas ainſi ouvert ſur le point du départ, & faites un arc de cercle vers S-O ; puis du point 40 d. 30 m. de Latitude de l'arrivée tirez parallélement à l'E & à l'O une ligne, & le point où elle coupera l'arc ci-deſſus ſera celui de l'arrivée : de ce point d'interſection de l'arc ci-deſſus, tirez une paralléle au Méridien, ou gliſſez le compas parallélement au Méridien juſqu'à la ligne E & O, & l'interſection ſur cette ligne vous marquera la Longitude de

l'arrivée 353 d. Donc on eſt deſcendu vers l'O de 12 d. Au lieu de prendre tout d'un coup l'ouverture de compas de 10 d. ou 200 lieues, il conviendroit davantage de prendre ſeulement deux fois l'ouverture de 5 d. depuis 46 d. juſqu'à 41 d. & mettant ces ouvertures l'une au bout de l'autre ſur le Rhumb, on auroit l'ouverture proportionnelle de 200 lieues.

Pour trouver le Rhumb de vent, il faut tirer une ligne du point de départ à celui de l'arrivée, & voir quel angle elle fait avec le Méridien, ou à quelle ligne de la roſe elle eſt paralléle, & l'on trouvera ici S-O $\frac{1}{4}$ O pour le Rhumb cherché.

IV. EXEMPLE.

La Longitude & la Latitude du départ ſuppoſées, connoiſſant la Longitude & la Latitude du lieu où l'on va ou de l'arrivée, on demande quel Rhumb il faut tenir, & quelle eſt la diſtance des lieues?

Un vaiſſeau part de l'Iſle d'Oueſſant à 48 d. 30 m. de Latitude N, & 13 d. 30 m. de Longitude pour aller au cap de Finiſtére en Galice à 43 d. de Latitude & 8 d. de Longitude. On demande quelle route il faut tenir, & quelle eſt la diſtance des lieues. Imaginez-vous une ligne tirée de l'Iſle d'Oueſſant au cap de Finiſtére, & en examinant avec un compas à quel Rhumb de vent marqué ſur la carte cette ligne eſt paralléle, ce ſera celui qu'il faut ſuivre; alors vous trouverez que c'eſt le S-O $\frac{1}{4}$ S qui convient à cette route.

A l'égard de la diſtance, prenez avec un compas d'un ſeul coup toute l'étendue de la route, & rapportez-la vis-à-vis de la route ſur le Méridien, non en commençant de compter au dégré du départ, parce que vous n'auriez pas une diſtance proportionnelle, puiſque l'ouverture de compas ſe termineroit bien au-delà de la Latitude de l'arrivée; mais rapportez-la aux dégrés de Latitude qui y répondent (c'eſt-à-dire, depuis le 49 d. 7 m. 30″, juſqu'au 42 d. 22 m. 30″, ce qui fait 6 d. 45 m. à 20 lieues par dégré) & vous trouverez 135 lieues de diſtance courue. Ou bien contentez-vous de prendre la moitié de la diſtance courue, & portez-la depuis le point de départ ſur le Méridien vis-à-vis la route; comptez-en les lieues par les dégrés, & en doublant ces lieues, vous aurez dans leur ſomme aſſez juſtement la quantité des lieues courues.

V. EXEMPLE.

La Longitude & la Latitude du départ ſuppoſées, connoiſſant la Longitude de l'arrivée & le Rhumb qu'on a tenu, on demande la Latitude de l'arrivée.

On eſt parti de 40 d. 30 m. N, & de 353 d. 33 m. de Longitude, on a couru N-E $\frac{1}{4}$ E, juſques par les 5 d. de Longitude; on connoîtra la Latitude de l'arrivée & les lieues de diſtance par l'opération ſuivante. Tirez du point du départ connu une ligne indéfinie paralléle à N-E $\frac{1}{4}$ E, tirez encore du point 5 d. de Longitude une paralléle au premier Méridien, & le point d'interſection ſe trouvera par la Latitude de 46 d. Pour la diſtance des lieues, prenez avec un compas l'ouverture du point du départ à celui de l'arrivée, & portez-la vis-à-vis la route ſur le Méridien, il y

aura autant de 20 lieues que de dégrés, c'eſt-à-dire, depuis 38 d. juſqu'à 48 d. de Latitude, les 10 d. ſont 200 lieues.

VI. EXEMPLE.

Connoiſſant les Latitude & Longitude d'un lieu, trouver ce lieu dans la Carte réduite. Ayant mis une pointe de Compas à Carte marine ſur le dégré de Latitude connue, & l'autre pointe ſur le plus proche paralléle il faut de l'autre main mettre la pointe d'un ſecond compas ſur le dégré de Longitude connue, & l'autre pointe ſur le plus proche Méridien, & faire couler ces deux compas juſqu'à ce que deux de leurs pointes ſe rencontrent, alors le point de jonction ſera le lieu cherché.

S'il falloit aller aux côtes d'Afrique, mais qu'elles ne ſe trouvaſſent pas marquées ſur la Carte, comme étant trop petite, alors on la prolongeroit comme nous avons enſeigné à le faire, ſur le même point que la Carte dont nous venons de parler pour l'y coller : ou bien l'on paſſeroit de cette Carte à une autre des côtes d'Afrique peut-être plus grande ou plus petite. Si l'on prolonge la Carte en y en collant une autre de même point, il n'y aura qu'à faire les opérations comme ſur une même Carte ; mais ſi l'on change de Carte, il faudra trouver dans la nouvelle le point où l'on eſt arrivé. Et de ce point, comme du départ connu par ſes Longitude & Latitude, on tracera ſur cette Carte une nouvelle route, comme nous avons dit en l'Exemple premier.

Remarquez que les corrections à faire ſur le Compas de route, doivent auſſi ſe pratiquer ſur la Carte réduite, comme ſur le Quartier-de-réduction.

Il n'y a de corrections à faire ſur les Cartes réduites qu'en ſe conformant à la Latitude obſervée, qui ſeule ſuffira avec le Rhumb de vent corrigé, ou avec la Longitude obſervée.

Si l'on veut lire avec quelque attention ce que nous avons dit dans le calcul ſur le 5me exemple d'une route pratiquée par le Quartier-de-réduction, on y apprendra que la Trigonométrie ſe peut appliquer heureuſement à la Carte réduite au moyen de la Table des Latitudes croiſſantes, qu'on y évite même les réductions de lieues mineures en lieues majeures, & la recherche du moyen paralléle ; parce qu'on y forme toujours des Triangles rectangles, dont trois choſes ſont connues avec leurs proportions. Ce qui ſuffit pour avoir par les nombres le reſte du Triangle de Navigation ſur la Carte. Ainſi ſuppoſé que j'aye couru N-E $\frac{1}{4}$ N depuis le 45 d. de Latitude N juſques au 51 d. auſſi N, je connoîtrai la différence de Longitude courue depuis le départ, en faiſant cette analogie : Comme le rayon total 100000 eſt à 539 parties (qui dans la Table des Latitudes croiſſantes conviennent à la différence des 6 d. de Latitude courue ; ainſi 66817, (tangente du Rhumb de vent connu & tenu) eſt au quatriéme terme, qui dans cet exemple eſt de 360, leſquels ſont des minutes E, parce que le premier dégré de Latitude croiſſante eſt eſtimé 60 parties, comme le premier dégré de Longitude ſur l'Equateur. Or ce quotient 360 diviſé par 60 donnera 6 d. de Longitude ſur le paralléle de l'arrivée, qui eſt préciſément ce qu'on cherchoit.

Changez en la maniére ſuivante les termes de cette analogie comme il

convient, & vous aurez le Rhumb de vent tenu, ſi vous connoiſſez la différence en Longitude & en Latitude, & dites : 360 eſt à 100000 comme 539 eſt au 4me terme ou quotient, qui donnera dans la Table des Tangentes, la tangente de l'arc du complément du Rhumb cherché.

Par une analogie auſſi convenable on aura ſur ce principe la Latitude de l'arrivée, pourvû que l'on connoiſſe ſa différence en Longitude de la route, le Rhumb de vent tenu, & la Latitude du départ ſuppoſée connue, en diſant : 66817 (tangente du Rhumb connu) eſt à 360 comme 100000 au 4me terme ou quotient, qui viendra 539, lequel nombre dans la Table des Latitudes croiſſantes répond à 6 d. de Latitude, à compter depuis la Latitude du départ qui étoit au 45me dégré.

Mais pour avoir l'hypoténuſe de ces Triangles ou la diſtance des lieues courues, la Table des Latitudes croiſſantes n'eſt pas d'un grand ſecours, elle n'eſt utile que pour les deux côtés du Triangle. Il faudra donc convertir les dégrés de Latitude en lieues majeures, c'eſt-à-dire, multiplier chaque dégré par 20, & opérer ainſi : Comme le rayon total ou 100000 eſt à la quantité des lieues majeures (ou dégrés de Latitude qui étant multipliés par 20 donnent 120) ainſi la ſécante de l'angle du Rhumb eſt au quatriéme terme, qui donne la diſtance des lieues courues, ou la longueur de l'hypoténuſe en lieues marines à raiſon de 20 au dégré.

Réduiſez les dégrés de différence de Longitude courue en autant de lieues que l'eſpace qu'ils contiennent ſur le paralléle de l'arrivée en vaut ſur l'Equateur, & mettez ce nombre de lieues en place du ſecond terme de l'analogie ci-deſſus ; au troiſiéme terme, mettez la ſécante du complément du Rhumb, & vous aurez au quotient la même choſe que deſſus, c'eſt-à-dire, la diſtance des lieues courues, ou l'hypoténuſe du Triangle de navigation.

VII. EXEMPLE.

Pratique à la Rade.

Etant arrivé à une rade marquée ſur la Carte réduite, & ayant un plan de cette rade, on demande ſur le plan le point où eſt le vaiſſeau.

Soit le vaiſſeau à la rade A : il faut s'aſſurer du point de poſition du vaiſſeau dans cette rade, pour éviter les écueils qui pourroient s'y rencontrer : on trouve ce point par une ſeule ſtation ſur le vaiſſeau. Soient les trois points connus & marqués ſur le plan de la rade D C B : prenez ſur le vaiſſeau avec un inſtrument les angles viſuels B C D, enſuite prenez un Rapporteur, & ajuſtez-en le centre ſur le plan à peu près au point où vous jugez que doit être le vaiſſeau, puis reculez ou avancez le Rapporteur de maniére que les angles ſoient les mêmes ſur le plan qu'ils ont été obſervés ſur le vaiſſeau vers B C D ; alors le centre du Rapporteur marquera ſur le plan la poſition juſte du vaiſſeau, & l'on verra ſi ce point ne ſe trouve pas ſur le plan au point de quelque briſant ou rocher, cette méthode toute mécanique qu'elle eſt, paroît la plus juſte. XXIII. Planche. Fig. 222.

Ou bien géométriquement. Obſervez avec un inſtrument de deſſus le vaiſſeau, les angles compris entre les rayons viſuels A B, A C & A D ; formez auſſi ſur le plan le Triangle B C D par des lignes tirées de ces trois points B C D : & de la baſe B D tirez du côté de la terre des lignes B E,

D E, qui faſſent des angles égaux aux obſervés ſur le vaiſſeau, faites l'angle D B E égal à l'obſervé D A C, & réciproquement B D E égal à l'obſervé B A C, pour avoir le point d'interſection G, ſur le plan du côté de la terre. Enſuite faites paſſer un cercle par les trois points B G D, tirez la ligne G C, & prolongez-la juſqu'à la circonférence du cercle; alors le point A (où la ligne G A C rencontrera la circonférence du cercle) ſera ſur la Carte le point où eſt le vaiſſeau.

VIII. EXEMPLE.

Pratique à la vûe des Côtes.

Connoiſſant les côtes & les terres à la vûe, & leur ſituation par rapport au vaiſſeau, on demande le point où l'on eſt ſur la Carte.

Etant ſur un navire, obſervez que l'Iſle d'Oueſſant eſt au N-E, & l'Iſle des Saints à l'E, il s'agit de ſçavoir ſur la Carte le point où l'on eſt. Tirez pour cet effet ſur la Carte d'Oueſſant une paralléle au S-O, ou N-E, & de l'Iſle des Saints une autre ligne paralléle à l'O ou E, le point où elles ſe rencontrent repréſente le lieu où l'on eſt : c'eſt ce qu'on appelle auſſi *relever les terres*. De la même maniére, de deux poſitions de vaiſſeau, & le Rhumb connu, ſi l'on découvre les mêmes objets, on peut faire la Carte des côtes; il ne faut que ſe rappeller ce que nous avons dit des uſages du Demi-cercle & de la Bouſſole, pour lever les plans, & l'appliquer ici pour ſçavoir comment on doit ſe comporter pour lever les plans de deſſus un vaiſſeau qu'on auroit arrêté ſur ſes ancres en deux points, dont on connoîtroit l'alignement par le rhumb de vent, & la diſtance par le Loch. Il ne nous reſte plus qu'à parler de la maniére de lever les vûes des terres & des côtes, ce qui eſt très-utile à ceux qui approchent des terres; nous le ferons à la fin de cet ouvrage en donnant l'uſage d'un inſtrument pour lever ces vûes très-facilement.

Des Loxodromies.

AYant expliqué ſuffiſamment ci-deſſus avant l'article des Cartes réduites, la nature de la Loxodromie (qui n'eſt autre choſe que la ligne que décrit un vaiſſeau quand il ſuit un même Rhumb de vent, laquelle n'eſt alors ainſi que ledit Rhumb ni N & S, ni E & O, mais une courbe ou ſpirale) il ne nous reſte plus qu'à enſeigner la maniére de tracer ces lignes courbes ſur un Globe terreſtre ou une Mappemonde, & la méthode pour s'en ſervir dans la Navigation.

Décrivez une roſe ſur un petit papier, diviſez-la en ſes 32 airs de vent, huilez le papier & placez-le ſur un Globe terreſtre au milieu de l'Océan ou d'autres Mers, de ſorte que la ligne N & S convienne à la même ſur le Globe, & la ligne E & O aux mêmes lignes ſur l'Equateur; alors vous marquerez les points des diviſions de la roſe ſur le Globe, pour prolonger les Rhumbs de vent ſur les Méridiens voiſins; enſuite placez votre papier huilé ſur le Méridien plus voiſin à un point d'interſection, par exemple, figure H au point C, & orientez la roſe comme au premier Méridien; marquez ſur les Méridiens qui ſuivent, un point comme vous

XXIV. Planche. Fig. h.

avez

avez marqué en C ; vous décrirez une ligne courbe par tous ces points, laquelle ſera une Loxodromie. Il faut en faire autant ſur toutes les premiéres ou les huit Rhumbs de vent qui ſont partis de la roſe au point A, & les conduire de Méridien en Méridien juſqu'aux environs du Pôle, & vous aurez les Loxodromies marquées ſur un Globe. Ce que vous faites ſur l'Equateur vous le pouvez encore répéter ſur tout autre paralléle, afin de donner plus de roſes ſur le Globe, & faciliter le pointage des routes par la Loxodromie. Il faudra choiſir les places les plus avantageuſes ſur le Globe, comme on a fait ſur la Carte réduite. Ce que vous aurez pratiqué ſur le Globe, ſe pratiquera de la même maniére ſur les Méridiens d'une Mappemonde en obſervant toujours de bien orienter la roſe tranſparente ſur le Méridien, ou de faire un cercle du point A, comme centre, que vous diviſerez pour en tirer les Loxodromies ou Rhumbs obliques ; enſuite un autre cercle du point C, comme centre, pour continuer le quatriéme Rhumb ; alors la diviſion commencera du côté du N, & finira pour un quart au paralléle ſur lequel eſt la roſe, comme on a fait de A comme centre aux points Y & Z ; & ainſi du reſte.

Pour pointer une route ſur le Globe, comme pour aller du 20me d. de Latitude & du 3me d. de Longitude à 33 d. de Latitude & à 10 d. de Longitude E, prenez ſur le Globe avec un Compas la diſtance de 20 à 33 d. de Latitude ſur un même Méridien, & avec un autre compas ſur le paralléle de 33 d. & ſur le Méridien de 3 d. de Longitude, la diſtance à 10 d ; enſuite conduiſez le premier compas ſur les paralléles de 20 & 33 d. juſqu'à ce que vous rencontriez quelque Ligne loxodromique ; alors arrêtant ſous le Méridien, le point où eſt coupé le paralléle de 20 d. par une Loxodromie, prenez le ſecond Compas avec ſon ouverture, portez-le ſur le paralléle de 33 d. & voyez ſi la Loxodromie s'écarte vers E de 7 d. différence en longitude ; ſi cela eſt, il faudra prendre ce Rhumb pour aller au lieu propoſé, parce qu'il eſt paralléle à la route qu'on a deſſein de courir. Ce que vous faites ſur le Globe, vous le faites auſſi ſur la Mappemonde à très-peu de choſe près.

Mais la Navigation par les Loxodromies ſe pratique bien plus ſûrement par le calcul & les Tables, dont nous donnons ici le principe & un modéle, chacun devant en faire comme il en aura beſoin, parce qu'on peut être obligé d'en faire pour chaque dégré du Quart de cercle. On ſçait d'ailleurs que ce qu'on fait ſur un quart du Globe ou de la Mappemonde ſert aux trois autres quarts, & qu'il ſuffit de donner des régles pour ce quart, pour qu'elles ſoient les mêmes pour les trois autres quarts.

Chaque Table de Loxodromie contient trois colonnes : Elle commence à l'Equateur & s'augmente en approchant du Pôle. Voici une partie de celle dont on ſe ſert dans la troiſiéme Loxodromie, où le vaiſſeau eſt ſuppoſé parti de l'Equateur avec un Rhumb de 33 d. $\frac{3}{4}$, & égal ſur tous les Méridiens, l'hypoténuſe des Triangles qu'il fait étant ſuppoſée de 10 en 10 lieues. Il ſera aiſé de continuer cette Table & de trouver des quantités proportionnelles.

Table de la troiſiéme Loxodromie ou de N - E $\frac{1}{4}$ N, qui commence à l'Equateur & qui fait avec les Méridiens qu'elle rencontre un angle de 33 d. $\frac{3}{4}$.

XXIV. Planche. Fig. h.

Soit A I L, une partie de la ſurface du Globe, I l'un des Pôles, A L une partie de l'Equateur, & A C E K le troiſiéme quart de vent ou la troiſiéme Loxodromie, & que la partie A C ſoit de 10 lieues, leſquelles multipliées par trois, feront 30 tiers de lieues, égaux chacun à une minute d'un grand cercle. Ainſi au Triangle A B C rectangle en B, ayant les tiers de lieues A C connus, avec les angles aigus A & C, on trouvera les minutes de Latitude ſur le Méridien A B par cette régle de trois : comme 100000 ou rayon B C eſt à 30, qui ſont les 30 tiers de lieues A C. Ainſi 83147 (ſinus de l'angle C, 56 d. 15 m. & complément du Rhumb de vent) eſt aux minutes de Latitude A B, qui donnent pour 4me terme ou quotient 24 $\frac{94}{100}$ de minutes, c'eſt-à-dire, preſque 25 m. de différence en Latitude, pour le côté A B répondant à 10 lieues ſur le Rhumb A C, & ſucceſſivement ſur chaques 10 lieues juſqu'au bout de la Loxodromie, ou depuis l'Equateur juſqu'au Pôle. Ainſi la diſtance A C de 10 lieues donne A B ou C G 25 m. de Latitude ; A E étant de 20 lieues, donne A H ou F E 50 m. de Latitude ; & ainſi du reſte.

Lieues de diſtance courue.	*Latitude* D	M	*Longitude.* D	M
10		25		16
20		50		33
30	1	15		49
40	1	40	1	7
50	2	5	1	23
150	6	14	6	21
1100	45	44	34	26
1130	46	59	35	38
1250	51	58	40	47
1280	53	13	52	9
1680	69	51	66	7

Pour calculer la troiſiéme colonne des Longitudes, c'eſt ainſi qu'il convient opérer. Ayant la différence en Latitude A B & l'angle de Rhumb de vent, il faut trouver la différence en Longitude B C avec les Latitudes croiſſantes. Faites cette régle de trois : Le rayon eſt aux parties croiſſantes de différence en Latitude A B, comme la tangente du Rhumb de vent eſt aux minutes de Longitude pour le côté B C ; Et en continuant par la différence en Latitude C D & le Rhumb de vent, vous trouverez les minutes de Longitude pour D E, ainſi que pour tous les autres Triangles, dont l'un des côtés marque toujours la différence en Latitude de 25 m. & en ajoûtant les minutes de Longitude de D E à celles de A G ou H D, vous aurez les minutes de Longitude de H E ou A F, & ainſi du reſte. De ſorte que vis-à-vis chaque Latitude, vous trouverez les lieues de diſtance depuis l'Equateur ſur ce Rhumb de vent, & les dégrés & minutes de différence en Longitude, auſſi depuis l'Equateur juſqu'à ce point en ſuivant ce Rhumb de vent.

Remarquez que plus les Triangles A B C ſont petits, en contenant moins de lieues pour A C, plus les calculs ſont juſtes ; parce que le Triangle approche plus d'un rectiligne, dont la diſtance des lieues eſt l'hypotenuſe, la Latitude obſervée un coté & un angle de 90 d. Outre cela l'angle du Rhumb étant connu, le calcul ſera aiſé par les régles générales.

La Table de Loxodromie donne donc trois choſes qui regardent le dé-

part qui ſont également dans chaque demande ou régle de Navigation, ſçavoir, la différence en Latitude, la différence en Longitude & la diſtance des lieues courues, ce qui ſert à trouver ainſi le reſte, comme on le va voir par cinq exemples, qui répondront à ceux que nous avons donné ſur la Carte réduite & le Quartier-de-réduction.

I. EXEMPLE.

Suppoſons qu'étant parti de 46 d. 59 m. N & de 12 d. de Longitude, on ait couru 150 lieues N-O $\frac{1}{4}$ N, on demande la Latitude & la Longitude de l'arrivée.

Dans la premiére colonne de la Table de la troiſiéme Loxodromie vous avez depuis l'Equateur vis-à-vis leſdits 46 d. 59 m. 1130 lieues; & dans la troiſiéme, 35 d. 38 m. de Longitude; or ajoûtez les 1130 lieues du départ aux 150 d'arrivée, & vous aurez 1280 lieues depuis l'Equateur. A la ſeconde colonne & vis-à-vis leſdits 1280 lieues vous voyez 53 d. 13 m. de Latitude à l'arrivée; à côté du même article vous voyez 42 d. 9 m. de Longitude; ôtez de cette Longitude celle de 35 d. 38 m. qui ſe trouve dans la troiſiéme colonne, il reſtera 6 d. 31 m. qui eſt la véritable différence en Longitude, laquelle étant encore ôtée de la Longitude du départ (parce qu'on a couru O) il a dû reſter 5 d. 27 m. pour la Longitude de l'arrivée. Mettez au net.

	Lieues	*Latitude*		*Longit.*	
		D	M	D	M
A la Latitude du départ il y avoit depuis l'Equateur	1130	46	59	35	38
Lieues de diſtance courue à ajoûter	150				
Donc les lieues de l'arrivée, cõme il eſt écrit vis-à-vis,	1280	53	13	42	9
Longitude du départ				12	
Différence tant en Longitude qu'en Latitude		6	14	6	31
Donc la Longitude d'arrivée eſt	. .	. .	. .	5	29

Si les Latitudes étoient de différentes dénominations, dont l'une fût ſeptentrionale & l'autre méridionale, il les faudroit ajoûter l'une à l'autre, pour avoir leur différence en leur ſomme, comme nous avons fait au Quartier-de-réduction : quand une Longitude excédera 360 d. il faudra compter un.

II. EXEMPLE.

Les Longitude & Latitude de départ ſuppoſées, & le troiſiéme Rhumb tenu, on demande la Longitude de l'arrivée, & la diſtance des lieues.

Nous ſuppoſons qu'on ſoit parti de 46 d. 59 m. N & de 12 d. de Longitude, & qu'on ſoit arrivé à 53 d. 13 m. de Latitude ſous N-O $\frac{1}{4}$ N, ôtez deſdits 53 d. 13 m. leſdits 46 d. 59 m. il reſtera 6 d. 14 m. pour la différence des Latitudes. Par la régle ci-deſſus vous trouverez dans la Table à côté de 6 d. 14 m. de Latitude, 150 lieues; vous aurez la différence en Longitude en cherchant dans le même rhumb vis-à-vis de 46 d. 59 m. 35 d. 38 m. de Longitude, & vis-à-vis de 53 d. 13 m. de Latitude 42 d. 9 m. de Longitude; ôtez de 42 d. 9 m 35 d. 38 m. il reſtera 6 d. 31 m. de différence en Longitude, laquelle eſt O, & partant à

ôter de 12 d. du départ : on ſera donc arrivé à 5 d. 29 m. de Longitude, après avoir couru 150 lieues entre les paralléles ſuſdits. Mettez au net.

III. EXEMPLE

On part de 45 d. 44 m. N, & de 357 de Longitude, on a ſinglé 150 lieues entre N O. Ayant obſervé 51 d. 58 m. de Latitude N, on demande la Longitude de l'arrivée & le Rhumb de vent.

Examinez des Tables de différens Rhumbs ou faites-les, juſqu'à ce que vous ayez trouvé celle, où la différence des lieues réponde aux deux Latitudes du départ & de l'arrivée & ſoit préciſément les 150 lieues de diſtance propoſée : or c'eſt ce qui ſe trouve ici dans le troiſiéme Rhumb entre 1100 lieues répondantes au départ, & 1250 répondantes à l'arrivée en Latitude. D'où l'on conclud qu'on a tenu N-O $\frac{1}{4}$ N. Cherchez vis-à-vis de 150 lieues à la colonne des Longitudes, & vous verrez que 6 d. 21 m. de différence y répondent. Mais parce qu'on a ſinglé vers O, il les faut ôter de 35 d. & alors il reſtera 350 d. 30 m. de Longitude pour l'arrivée. Mettez au net.

IV. EXEMPLE.

On part de 46 d. 59 m. N, & de 12 d. de Longitude : on veut aller à 53 d. 13 m. N, & à 5 d. 29 m. de Longitude. Quelle Loxodromie ou Rhumb prendra-t-on, & combien y a-t-il de chemin à faire ?

Examinez dans les Tables de différentes Loxodromies vis-à-vis des deux Latitudes données, ſi vous trouvez entre les Longitudes qu'elles marquent chacune à leurs côtés, la différence de 6 d. 31 m. de Longitude. Dans la Table du troiſiéme Rhumb vis-à-vis de 46 d. 59 m. de Latitude, vous avez 35 d. 38 m. & vis-à-vis de 53 d. 13 m. vous avez 42 d. 9 m. de Longitude ; ce qui fait la différence de 6 d. 31 m. C'eſt donc ce Rhumb qu'il faut prendre.

Pour avoir la diſtance de chemin à faire, prenez la différence d'entre les Latitudes, & vous aurez 6 d. 14 m. leſquels en cette Table donnent à leur côté 150 lieues de chemin. Mettez au net.

V. EXEMPLE.

On part de 45 d. 44 m. N, & de 357 m. de Longitude, pour aller par N-O $\frac{1}{4}$ N au 350 d. 30 m. de Longitude : on demande quelle ſera la Latitude de l'arrivée, & combien il y aura eu de chemin ?

Pour la Latitude, cherchez dans la Table de la Loxodromie, ou du troiſiéme Rhumb, la Longitude qui répond à 45 d. 44 m. N ; vous verrez que c'eſt 34 d. 26 m. de Longitude : ajoûtez-y la différence connue, qui eſt ici 6 d. 30 m. & vous aurez 40 d. 56 m. Cherchez ce nombre dans la Table du troiſiéme Rhumb parmi les Longitudes, & vous lirez vis-à-vis : 51 d. 58 m. qui eſt la Latitude de l'arrivée.

Quant au chemin, ôtez ce chemin de Latitude (qui eſt de 45 d. 44 m. & qui en la Table eſt 1100 lieues) de celui qui répond à 51 d. 58 m. qui eſt 1250 lieues, & vous aurez dans le reſte, 150 lieues de chemin à

faire. Mettez au net la route composée, c'est-à-dire, les corrections du compas & celles de l'estime, comme ci-dessus.

Des Marées ou Flux & Reflux de la Mer.

Les Navigateurs ne doivent pas ignorer ce que c'est que le Flux & Reflux de la Mer, ni l'heure qu'elle est basse ou haute dans les différentes Côtes qu'ils navigent. Quelque science qu'on ait des Marées dans les Ports, il n'est pas de la prudence de s'y hazarder sans le secours d'un Pilote côtier. Etant à la vûe du Port on appelle ce Pilote par un ou trois coups de canon; & en l'attendant, ainsi que l'heure du Flux qui porte dans le Port, on se soutient sur ses ancres, après avoir fondé à un cable de distance autour du vaisseau, s'il n'y a rien à craindre.

Le Flux ou *Flot* de la Mer est lorsqu'elle monte, & *le Reflux* ou *Jusant* est lorsqu'elle descend. Il y a deux fois Flux & Reflux en 24 h. 48 m. c'est-à-dire, que la Mer venant de la Zone-Torride & allant vers chacun des Pôles, monte le long des Côtes pendant 6 h. 12 m. puis se retire pendant 6 h. 12 m. Ainsi de 12 en 12 h. 24 m. elle est à sa plus grande hauteur : c'est ce qu'on appelle *Pleine-Mer*; & elle est au contraire basse de 12 en 12 h. 24 m. ce qu'on appelle *Basse-Mer*.

On appelle *Vives-eaux* ou *Reverdies* les marées au tems des Nouvelles & Pleines-Lunes, parce que la Mer monte davantage pour être Pleine mer, & elle baisse davantage pour être Basse-mer, qu'elle ne fait dans les Quadratures, ce qu'on appelle alors les *Mortes-eaux*.

Communément les Marées montent & baissent davantage au tems des Equinoxes qu'en toute autre saison de l'année, c'est pourquoi les Reverdies de ces tems-là se nomment les *Grandes Maline*. On estime que la Mer monte & baisse environ un 6me plus aux Reverdies des Equinoxes qu'à celles des Solstices; & dans les autres tems à proportion. Lorsqu'on est dans des Côtes, on doit soigneusement remarquer combien les Marées y montent depuis la Basse-mer jusqu'à la Haute; & par supputation, faire la même chose pour les Grandes Malines. On verra dans les Tables combien montent les Marées dans chaque Côte aux Grandes Malines. Il est bon de sçavoir que les vents augmentent beaucoup les Marées, surtout quand ils portent vers les Côtes.

On sçait aussi que les mouvemens de la Mer sont réglés, suivant toutes les apparences, par les mouvemens de la Lune. Car la Mer retarde de 48 m. qui font trois quarts d'heure trois minutes par jour, comme fait la Lune; & par conséquent la Mer aussi-bien que la Lune rétarde de quatre heures en cinq jours, & ainsi à proportion. Toutes les fois qu'il est Pleine-Mer dans un Port ou dans une Côte, c'est toujours au moment que la Lune se trouve à un Cercle horaire. Nous avons donné quelque raison du Flux & Reflux de la Mer dans le Traité de l'*Usage des Globes*.

Il y a plusieurs Tables qui marquent l'heure de la Pleine-Mer aux jours de la Pleine & Nouvelle-Lune dans les différens Ports, Havres & Côtes. Celle qui suit montre à quelle heure il est Pleine-Mer dans les principaux Ports de France, d'Angleterre & de Hollande, après le passage de la Lune par le Méridien de ces lieux.

Table du retardement des Marées en différens Ports.

	D.	M.		D.	M.		D.	M.
L'Embouchure de la Tamiſe,	0	0	Dordreck,	3	0	Iſigni,	8	0
L'Ecluſe,	0	30	Olone,	3	15	Etreham,	8	30
Fleſſingues,	0	30	Beauvoir,	3	15	Dive,	8	30
Rouen,	1	15	Dingle,	3	15	Caën,	9	0
Belle-Iſle en Bretagne,	1	30	S. Jean de Lutz,	3	30	Honfleur,	9	0
Yermouth en Angleterre,	1	30	Baïonne,	3	30	Le Havre,	9	0
L'Embouchure de la Meuſe,	1	30	Vannes,	3	45	Feſcamp,	9	45
Breſt,	2	45	La Rochelle,	3	45	S. Vallery en Caux,	9	45
Cap de Four,	2	45	Brouage,	3	45	Dieppe,	10	30
La côte de Gaſcogne & de Guïenne,	3	0	S. Pol de Léon,	4	0	Le Tréport,	10	30
L'Embouchure de la Garonne,	3	0	Rochefort,	4	15	Larie en Angleterre,	10	30
L'Iſle de Ré,	3	0	Rochebernard,	4	30	L'Embouchure de la Somme,	11	0
La côte du Poitou,	3	0	Flamouth en Angleterre,	5	30	S. Valery en Picardie,	11	0
L'Embouchure de la Loire,	3	0	Plimouth, & Dermont,	6	0	Boulogne,	11	0
Barvic en Angleterre,	3	0	S. Malo,	6	0	Ambleteuſe,	11	30
Amſterdam,	3	0	Cancale,	6	0	Douvre,	11	30
Rotterdam,	3	0	Mont S. Michel,	6	30	Calais,	11	30
			Pontorſon,	6	30	Dunkerque, Nieuport & Oſtende,	12	0
			Granville,	6	45			
			Briſtol en Angleterre,	6	45			
			Barneville,	7	0			
			Cherbourg,	7	30			
			Barfleur,	7	30			

Le 8 Août 1725, la Lune a paſſé au Méridien de Diéppe à 0 h. 13 m. ou Midi 13 m. Pour le démontrer, vous voyez que deſſus la Table l'heure de la Pleine-Mer à Dieppe eſt 10 h. 30 m. après le paſſage de la Lune au Méridien. Ajoûtez ces deux ſommes enſemble, & vous trouverez que le 8 Août 1725, il a dû être Pleine-Lune à Dieppe à 10 h. 43 m. du ſoir.

On ſe ſert encore utilement de la connoiſſance des Marées, lorſqu'arrivé à la vûe d'un Port on s'eſt ſoutenu à l'ancre pendant un jour, & qu'on a ſçu d'une Chaloupe à quelle heure & à quelle hauteur la Marée a monté : alors connoiſſant l'âge de la Lune, on ſçait ſi après 12 heures 24 m. elle ſera plus ou moins haute, & à quelle heure. Suppoſons par exemple, que le 5 Mars 1726 on ſe ſoit preſenté au Port de Bordeaux, on a dû connoître que la Lune avoit deux jours après la Nouvelle-Lune ; la Lune retardoit donc de 1 h. 36 m. à paſſer par le Méridien. La Marée en Nouvelle-Lune a été trouvée ſur les lieux à 3 h. 40 m. après le paſſage de la Lune au Méridien, par obſervation ou par la Table de ſon retardement aux Ports principaux ci-deſſus : Donc le 2me de la Lune la Marée a dû arriver 1 h. 36 m. plus tard, c'eſt-à-dire, que le 5 Mars 1726 la Marée a donné lieu d'entrer à Bordeaux ou à 5 h. 25 m. du matin, ou à 5h

IRLANDE
I. Blasques
Bantrie
Roses
Holde Head
Youghall
Pte de Schylling
C. Dorses
C. de Clare
I. Sorlingues
CANAL DE BRISTOL
Pte de Sampart
Neathe
Gloceſter
H. de Milfort
I. Londey
Briſpol
ANGLETERRE
Exceſter
Falmouth
Torbay
C. Cornwal
I. Portland
I. de Wicht
Portſmouth
Arundel
Hampton
Watham
CANAL DE LA MANCHE
I. Sorlingues
Pte de Gouſtart
L. Lezart
L. Auregny
C. de la Hague
C. de Barfleu
I. Grenesey
I. Jerſey
Pte de Cleguerec
I. d'Oueßant
Breſt
Dolas
Roblohart
Pte St Mathieu
Les Saintes
Pte de Penmarck
Iſles de Glenan
Pte de Quiberon
Belle Iſle
I. de Croix
I. Houat
I. Heliz
I. de Noirmoutier
I. Dieu
Roches bonne
I. de Ré
I. d'Oleron
Tour de Cordouan
Blaye
Baſſin d'Arcaßon
Le Paſſage
Bayonne
St Jean de Luz
St Sebaſtien
Fontarabie
Gataria
Bilbao
Vermeillo
Caſtro
St Andero
Villa Viuoſa
Gijon
Aviles
Pinas
Ribadeo
Viuero
Sidero
Larxa
Pontevedre
Pago
Baſonne
Cantina
Viana
Ville del Conde
Porto
Villa Na
Aviero
Lagos
Figuero
C. de Finisterre
C. de Faſellis
C. de Montego
C. Priorat
C. de Finisterre
La Coregne
C. Veillane
C. Toriane
C. d'Ortugal
C. Machicaco
Hondarre
Tribourde
Bourdeaux
Lit
Arvert
Rochefort
Brouage
Nantes
St Gilles
le Jart
la Rochelle
la Roche Bernard
Bayeux
Eſtrehan
Cherbourg
M. St Michel
St Malo
St Brieux
Quimpercorantin
Quimperle
Port Louis
GOLFE DE GASCOGNE
ESPAGNE.
PORTUGAL.
CARTE REDUITE, de Partie des Costes de France, de Espagne, d'Angleterre, et d'Irlande.

49 m. du ſoir du même jour. Pour éviter le calcul d'une Table du retardement des Marées, en voici une toute calculée.

Table du retardement des Marées ſelon les jours d'après les Nouvelles ou Pleines Lunes.

Jours d'après la Nouvelle-Lune	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Jours d'après la Pleine-Lune.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Heure & mi. H.	0	0	1	2	3	4	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12
de retardem. M.	0	48	36	24	12	0	48	36	24	12	0	48	36	24	12	0

Du Journal de Navigation.

POur éviter beaucoup d'écriture, on fait un Journal de Navigation dont vous voyez un modéle plus bas, où l'on marque en peu de mots & très-clairement tout ce qui s'eſt paſſé dans le voyage. Au moyen du calcul que nous avons enſeigné dans tous les exemples de Navigation, on dreſſe les articles particuliers de ce Journal ; & en pratiquant l'exemple de la route compoſée, on arrête ce Journal de tems en tems pour ſçavoir où l'on eſt, afin de prendre les précautions néceſſaires, ſi on a lieu de ſoupçonner qu'on approche de terre ; auquel cas on met la Chaloupe en mer, qui ſonde devant le vaiſſeau & l'avertit des dangers qu'il courroit s'il levoit ſes ancres, ou s'il employoit trop de voiles.

La *Sonde* eſt un cône de fer, creux ſous ſa baſe & rempli de ſuif. Quand on la jette, elle donne la profondeur de la Mer parce qu'elle file de corde, & rapporte collé au ſuif la nature du ſable, ou des traces raboteuſes, ſi c'eſt un fond de roche. La figure V. eſt un vaiſſeau. *XXIV. Planche. Fig. 5.*

Jour du mois de ann.	qualité du vent	diſtance	diſt. ſoir.	Rumb eſtim.	Rumb corri.	Latitude eſtimée.	Latitude obſervée. D. M. N.	Latitude moyen. paral. D. M.	Longit. eſtim.	Longit. corrig.	variat. compas déprés.	N	S	E	O
1	SE	27	24	SOS	SOS	50 46	50 49	0 0	0 0	0 0	12 20		3	NO	0 0
2	*Calme*	70	& ainſi pour chaque autre jour de Navigation.											20	0 0

Voilà en abregé la conſtruction & les uſages des principaux Inſtrumens qui ſervent à la Navigation. Il y a ſur cette matiére quantité d'autres choſes à dire ; mais comme elles ne nous concernent pas directement, nous n'en dirons pas davantage à cet égard. Les perſonnes curieuſes de cette ſcience peuvent conſulter pluſieurs bons Livres qui en traitent à fonds.

Fin du ſeptiéme Livre.

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DES CADRANS SOLAIRES.

LIVRE HUITIÉME.

Obſervations Préliminaires.

LA *Gnomonique* (dont nous avons à traiter ici) eſt la ſcience de marquer ſur un Plan la projection des Cercles de la Sphére, & de faire connoître par l'Ombre d'un Style tombant ſur quelqu'une des lignes repréſentantes ces mêmes Cercles, le Cercle Horaire dans lequel le Soleil ſe trouve; & par ce moyen faire connoître l'heure qu'il eſt.

Cela poſé, le Soleil, l'extremité du Style, ou l'axe du Cadran dans ſa poſition paralléle à l'axe du monde, & l'Ombre, ou la ligne horaire qui en eſt marquée, ſont dans un même Plan.

Les *Cadrans Solaires* prennent leurs noms des principaux Cercles de la Sphére auſquels ils ſont paralléles. On appelle, par exemple, *Cadran Horiſontal*, celui qui eſt paralléle à l'Horiſon; *Cadran Equinoctial*, celui qui eſt paralléle à l'Equateur; *Cadrans Verticaux*, ceux qui ſont paralléles à quelqu'un des Cercles verticaux, & ainſi des autres.

Aux ſurfaces des Cadrans, pour y montrer l'Heure, on met deux ſortes

tes de *Style* ; l'un appellé *droit*, qui consiste en une verge pointue, laquelle par son extrémité & d'un seul point d'ombre marque l'Heure ou partie de l'Heure qu'il est ; l'autre est nommé *oblique* ou *incliné*, ou bien *axe*, qui montre l'Heure par une ombre étendue.

Le bout du Style droit de tous les Cadrans représente le Centre du monde & par conséquent des Cercles dont ils tirent leurs dénominations. Le Plan du Cadran est éloigné du centre de la terre, autant que le Style droit a de longueur.

La distance du Soleil au Centre de la Terre est si grande, que l'on peut estimer tous les points de la superficie de la Terre que nous habitons, comme s'ils étoient joints au Centre même, sans que l'on puisse s'appercevoir que cette différence, qui est la distance de tout le Demi-diamétre de la Terre, c'est-à-dire, plus de 1400 lieues communes de France, apporte aucun changement sensible au mouvement journalier du Soleil autour du centre de la terre, ou autour d'une ligne droite qui passe par ce Centre, & que l'on nomme *l'Axe du monde*.

C'est pourquoi l'extrémité du Style de tous les Cadrans peut être prise pour le Centre de la terre, & la ligne paralléle à l'axe du monde, qui passe par l'extrémité de ce Style, peut être considérée comme l'axe du monde.

Les *Lignes Horaires*, que l'on trace sur les Cadrans, sont les rencontres des Cercles Horaires de la Sphére du Monde avec le Plan des Cadrans.

Le *Centre du Cadran* est la rencontre de sa surface avec l'axe du Cadran qui passe par la pointe du Style & qui est paralléle à l'axe du Monde. Toutes les Lignes Horaires se rencontrent au Centre du Cadran.

Tous les Plans des Cadrans peuvent avoir un centre, excepté ceux qui sont Orientaux, Occidentaux ou Polaires, dont les lignes Horaires sont paralléles entre elles & à l'axe du Monde.

La *Verticale du Plan du Cadran* est une ligne, qui passant par l'extrémité du Style, rencontre perpendiculairement ce Plan, & y détermine le pied ou le lieu du Style. On appelle *Style droit* ou *Hauteur du Style*, la partie de cette Verticale compriſe entre le pied & la pointe du Style.

La *Verticale du lieu* est la ligne droite, qui passant par l'extrémité du Style, est perpendiculaire à l'Horison.

On appelle encore *Ligne verticale* d'un Cadran, celle qui passant par le pied du Style est perpendiculaire à l'Horisontale. Elle est la section que fait avec la surface du Cadran, le Cercle vertical, qui lui est perpendiculaire.

Il y a aussi deux Méridiennes, dont l'une est la *Méridienne propre du Plan* ou la *Soustylaire*, parce que son cercle, qui est un des Méridiens, passe par la Verticale du Plan & par conséquent par le pied du Style ; l'autre, qui est la Méridienne du lieu, a son cercle méridien, qui passe par la Verticale du lieu.

Lorsque le Cadran ne décline point à l'Orient ou à l'Occident, la Soustylaire ou la Méridienne du Plan est jointe à la Méridienne du lieu ou ligne de 12 h. quoique la surface du Cadran soit verticale ou horisontale, ou même inclinée en dessus ou en dessous.

La *Ligne Horisontale* du Cadran est la rencontre de la surface du Cadran

avec un Plan horiſontal ou de niveau, qui paſſe par la pointe du Style.

La *Ligne Equinoxiale* eſt la rencontre de la ſurface du Cadran avec le Plan du Cercle équinoxial. Cette ligne eſt toujours d'équerre ou perpendiculaire avec la Souſtylaire ; c'eſt pourquoi lorſque la Souſtylaire eſt poſée, & que l'on a un point de la Ligne équinoxiale, on a auſſi la poſition de toute cette ligne. Au contraire la Ligne équinoxiale étant donnée, on aura la Souſtylaire, qui ſera la ligne perpendiculaire ou à angles droits à cette équinoxiale. La Souſtylaire doit paſſer par le pied du Style & par le centre du Cadran.

La ligne de 6 h. paſſe toujours par la rencontre de la Ligne horiſontale & de l'équinoxiale aux Cadrans déclinans. Ainſi le point de rencontre de ces deux lignes eſt un des points de la ligne de 6 h.

Le *point*, où ſe rencontrent tant la Souſtylaire que la Méridienne, eſt le centre du Cadran.

Quand on veut faire un Cadran, il faut commencer par trouver quelle eſt la poſition du Plan (par exemple, du mur où l'on veut le faire) à l'égard de l'une ou de l'autre des quatre parties cardinales du monde. Pour cet effet on peut prendre par obſervation quelques points d'ombre ſur le Plan du Cadran, qui ſervent à en déterminer la poſition & à trouver enſuite par les régles de la Gnomonique ou de l'Horlogiographie, toutes les lignes que l'on veut repréſenter. C'eſt de ces points que dépend toute la juſteſſe du Cadran.

Ces points d'ombre ſe prennent en un même jour, à 3 ou 4 h. l'un de l'autre : ils doivent être écartés le plus qu'il eſt poſſible, afin que les autres points & lignes néceſſaires en ſoient plus démêlés.

CHAPITRE PREMIER.

Des Cadrans réguliers & irréguliers qui ſe tracent ſur des Plans & des corps de différentes figures.

CEt Inſtrument repréſente un corps évuidé, ayant 14 Plans, ſur chacun deſquels on peut tracer un Cadran. On le fait de bois, de pierre, de cuivre ou de toute autre matiére ſolide.

XXVII Planche. Fig. 1.

Le Plan marqué A, eſt paralléle à l'Horiſon : c'eſt pourquoi on y trace un Cadran Horiſontal, auſſi-bien que ſur le Plan marqué E, mais celui-ci eſt fort peu éclairé par l'empêchement des Plans D & F.

Le Plan B & le Plan F, qui lui eſt oppoſé, ſont l'un & l'autre paralléles à l'axe du Monde, & font chacun un angle de 49 d. avec l'Horiſon de Paris : car nous ſuppoſons tous ces Cadrans faits pour la hauteur du Pôle de cette Ville. Sur chacune de leurs ſurfaces ſupérieures (qui ſont celles que nous préſente la figure en B & en F) on trace un Polaire ſupérieur ; & ſur celles (qui ſont contre-poſées à celles-ci & qui nous ſont cachées, étant inférieures) on décrit un Polaire inférieur. Il en eſt de même des autres Plans de ce corps oppoſés entre eux, duquel la forme évuidée donne pour chacun deux ſurfaces, l'une ſupérieure, & l'autre inférieure.

Le Plan C eſt paralléle au premier Vertical ; & comme il regarde le

Midi, on y trace un Cadran Vertical méridional : mais ſon oppoſé, qui eſt vers G, étant tourné directement au Septentrion, on y en trace un Vertical ſeptentrional, qui n'a pû ſe repréſenter en cette figure.

Le Plan H eſt paralléle à l'Equateur : c'eſt pourquoi il fait un angle de 41 d. avec l'Horiſon, qui eſt le complément de la Hauteur du Pôle à Paris. On y trace un Cadran Equinoxial ſupérieur, & à ſon oppoſé D un autre Equinoxial inférieur.

Le Plan marqué K, eſt paralléle au Plan du Méridien; & comme il eſt tourné directement à l'Occident, on y trace un Méridional occidental; & au Plan qui lui eſt oppoſé, on en trace un Méridional oriental.

Le Plan marqué I fait un angle de 45 d. avec le Vertical méridional; c'eſt pourquoi on y trace un Vertical déclinant de 45 d. du Midi à l'Occident; ſon oppoſé eſt déclinant du Septentrion à l'Orient de 45 d. Enfin le Plan marqué L eſt un déclinant du Septentrion à l'Occident, auſſi de 45 d. & ſon oppoſé eſt un déclinant du Midi à l'Orient de la même déclinaiſon.

Les neuf premiers Cadrans ſe nomment *réguliers*, & les quatre derniers, qui ſont des déclinans, ſe nomment *irréguliers*.

Tous les axes de ces Cadrans ſont paralléles entre eux & à l'axe du monde.

Nous donnerons ci-après la conſtruction de tous ces Cadrans, auſſi-bien que de ceux dont nous allons parler dans l'Inſtrument qui ſuit.

Conſtruction des Cadrans, qui ſe tracent ſur un Dodécaëdre.

CEtte figure eſt un des cinq corps réguliers, dont nous avons ci-devant donné (*Liv. I.*) le dévelopement & la coupe en carton, avec la maniére de les former en réuniſſant leurs côtés. Il eſt nommé *Dodécaëdre*, parce qu'il eſt terminé par 12 pentagônes réguliers, ſur leſquels on peut tracer autant de Cadrans, excepté celui qui lui ſert de baſe. Fig. 2.

Le Plan A étant placé horiſontalement, on y trace un Cadran Horiſontal, dont la ligne de 12 h. coupe en deux également un des angles du pentagône.

Sur le plan B (qui eſt tourné vers la partie méridionale du monde) on trace un Cadran Vertical méridional ſans déclinaiſon, incliné au Zénith ou vers le Ciel de 63 d. 26 m. Son Centre eſt en haut, & ſa Souſtylaire eſt la ligne de 12 h. Son oppoſé eſt un Vertical Septentrional ſans délinaiſon, incliné au Nadir ou vers la Terre de 63 d. 26 m. Son centre eſt en bas.

Le Cadran marqué C eſt un déclinant du Midi vers l'Orient de 36 d. & incliné vers la Terre de 63 d. 26 m : ſon centre eſt en haut. Son oppoſé eſt un déclinant du Septentrion vers l'Occident de 36 d. incliné au Zénith de 63 d. 26 m : le centre eſt en bas.

Le Cadran marqué D eſt un déclinant du Septentrion vers l'Orient, de 72 d. incliné au Nadir de 63 d. 26 m : le centre eſt en haut. Son oppoſé eſt un déclinant du Midi vers l'Occident de 72 d. incliné au Zénith de 63 d. 26 m : le centre eſt en bas.

Le Cadran marqué E eſt un déclinant du Septentrion vers l'Orient de 36 d. incliné au Zénith de 63 d. 26 m. le centre eſt en bas. Son oppoſé

eſt un déclinant du Midi vers l'Occident de 36 d. incliné au Nadir de 63 d. 26 m. : le centre eſt en haut.

Enfin le Cadran marqué F eſt un déclinant du Midi à l'Orient de 72 d. incliné au Zénith de 63 d. 26 m : le centre eſt en bas. Son oppoſé eſt un déclinant du Septentrion à l'Occident de 72 d. incliné au Nadir de 63 d. 26 m. : Son centre eſt en haut.

Tous ces Cadrans ſont garnis de leurs axes qui ſont paralléles entre eux & à l'axe du monde.

On place ces corps ſur un pied dans un lieu bien expoſé au Soleil. On les oriente par le moyen d'une Bouſſole ou d'une ligne Méridienne tracée comme nous le dirons ci-après ; & tous les Cadrans éclairés du Soleil en même tems marquent la même heure.

Si l'on veut placer dans un jardin le Dodécaëdre ſur un piédeſtal bien ffermi, il faut qu'il ſoit fait de matiére ſolide, comme de pierre ou de bon bois peint à l'huile, afin de pouvoir réſiſter aux injures du tems ; c'eſt pourquoi nous allons ici donner la maniére de tailler ce corps.

Fig. 3. Ayez un bloc de pierre taillé en cube parfait ; diviſez en deux également chacun des quatre côtés de ſes ſurfaces par deux diamétres A C & B D. Des points A & C faites l'angle E A F de 116 d. 34 m. c'eſt-à-dire, 58 d. 17 m. de part & d'autre du diamétre A C, parce que toutes les ſurfaces du Dodécaëdre ſont les unes avec les autres des angles de 116 d. 34 m. C'eſt pourquoi deux de ſes faces étant poſées horiſontalement, toutes les autres inclinent de 63 d. 26 m. complément à 180 d. L'eſpace entre F & G, ou E H eſt la longueur de chaque côté des Pentagônes. Portez la moitié B F de part & d'autre du point I en X & en Q, & faites la même choſe ſur toutes les autres faces du cube, les diamétres perpendiculairement l'un ſur l'autre, enſuite retranchez toute la pierre le long de ſes diamétres juſqu'aux extrémités des côtés, comme depuis & tout le long du diamétre K M tirant vers B, & taillant en ligne droite les deux angles ſolides juſqu'au point Q en la premiére ſurface, de même tout le long du diamétre L N, tirant vers K, allant droit au point S, & encore tout le long du diamétre B D, tirant vers A juſqu'au point T. Les autres faces ſe tailleront de même. Pour faciliter la main & l'imagination de l'ouvrier il eſt à propos d'avoir un de ces corps faits de carton devant ſoi, afin de mieux repréſenter les angles & les côtés qu'il faut retrancher.

On peut encore tailler ce corps étant premiérement de figure cylindrique, mais la méthode que nous donnons eſt ſuffiſante.

On fait auſſi de ces ſortes de Cadrans en cuivre & plus petits & fort curieux.

Conſtruction du Cadran Horiſontal.

Fig. 4. LA figure 4 eſt un Cadran Horiſontal. Pour le tracer, tirez premiérement les deux lignes droites A B, C D ſe coupantes à angles droits au point E, qui ſera le Centre du Cadran. La ligne A B ſera la Méridienne, ou ligne de 12 h. & C D celle de 6 h. Faites l'angle B E F égal à celui de l'élévation du Pôle, comme à Paris de 49 d. On ſçait par obſervation que Paris n'eſt qu'à 48 d. 51 m ; mais nous négligeons les 9 m. comme étant très-peu de choſe pour les Cadrans. La ligne E F repréſente l'axe du monde, dans lequel ayant choiſi le point G, comme s'il étoit le

Centre de la terre, vous tirerez à angles droits G H, qui repréſente le rayon de l'Equateur rencontrant la Méridienne en H. Faites enſuite H B, priſe avec un Compas, égale à H G; & tirez la droite L H K perpendiculaire à la Méridienne, & repréſentant la commune ſection de l'Equateur avec le Plan du Cadran. Pour y tracer les Heures, décrivez du point B, comme centre, le Quart-de-cercle M H; diviſez-le en ſix arcs égaux, qui ſeront de 15 d. chacun, & tirez les lignes ponctuées B 5 B 4 B 3 B 2 B 1, qui diviſeront la ligne L K en des points, par leſquels vous ferez paſſer les lignes Horaires, qui ſeront tirées du point E, Centre du Cadran, auquel on peut donner telle figure que l'on veut, ſoit de quarré-long ou parallélogramme, comme celles des figures 1 & 4; ſoit de pentagône régulier, comme la figure 2, & ainſi des autres.

Au lieu du Quart-de-cercle M H, on peut, pour plus grande facilité, tracer ſeulement un arc de 60 d. dont la corde eſt égale au rayon; & l'ayant diviſé en quatre arcs égaux, de 15 d. chacun, on en ajoûtera un pour la cinquiéme Heure.

Pour y tracer les Demi-heures, diviſez en deux également chacun des arcs de la circonférence M H, pour avoir des arcs de 7 d. 30 m. (que l'on peut encore ſubdiviſer en deux pour avoir des Quarts-d'heure) on les tirera du point B par des lignes occultes, juſqu'à la rencontre de l'Equinoxiale K L, par ces points de rencontre, & par le Centre E du Cadran vous tracerez toutes les lignes Horaires.

Les diviſions marquées dans la partie L H ſe tranſportent avec un Compas dans l'autre partie H K, parce que les Heures également éloignées de 12 h. tant avant qu'après-midi, font avec la Méridienne des angles égaux; les lignes de 7 & 8 H. du matin prolongées au-delà du Centre du Cadran donnent les lignes de 7 & 8 H. du ſoir; & les lignes de 4 & 5 Heures après Midi prolongées de même, donnent 4 & 5 H. du matin.

Ce Cadran étant affermi ſur un Plan bien de niveau, c'eſt-à-dire, paralléle à l'Horiſon, expoſé au Soleil & bien orienté, en ſorte que la ligne A 12 convienne avec la Méridienne du monde, & que le Style triangulaire E H N ou E I G ou E G H, étant élevé perpendiculairement ſur la ligne de 12 H., l'axe E F ſoit paralléle à l'axe du monde; l'ombre de cet axe marquera les Heures exactement depuis le lever du Soleil juſqu'à ſon coucher.

Conſtruction du Cadran Vertical ſans déclinaiſon.

CE Cadran eſt paralléle au premier Vertical qui coupe le Méridien à angles droits & paſſe par les points d'Orient & d'Occident des Equinoxes ſur l'Horiſon. Fig. 5.

Pour le tracer, tirez premiérement les lignes E B & C D à angles droits, dont la premiére ſera de 12 H. & l'autre de 6. Faites au point E, Centre du Cadran, l'angle B E F égal au complément de l'élévation du Pôle, comme à Paris de 41 d.: élevez perpendiculairement ſur la Méridienne la ligne I G, qui ſera le Style droit, dont le point I eſt le pied, & G l'extrémité; qui, comme nous avons dit, peut paſſer pour Centre de la Terre. Cette ligne du Style droit I G, prolongée de part & d'autre eſt la ligne Horiſontale.

La ligne E G F repréſente l'axe du monde, ſur lequel tirez à angles

droits la ligne G H jusqu'à la rencontre de la Méridienne. Cette ligne G H représente le rayon de l'Equateur, & la ligne L H K tirée par le point H, qui coupe la Méridienne à angles droits, est l'Equinoxiale, c'est-à-dire, la commune section de l'Equateur avec le Plan du Cadran. Faites H B égale à H G ; du point B comme Centre, décrivez la circonférence du Quart-de-cercle M H, que vous diviserez en six arcs égaux de 15 d. chacun, par des lignes ponctuées, qui diviseront la ligne L K en parties inégales, qui feront les tangentes de ces arcs, ainsi que dans l'Horisontal ; enfin par ces points de division, & par le centre E vous tirerez les lignes Horaires depuis 6 H. du matin jusqu'à 6 H. du soir, qui formeront le Cadran, comme il se voit en ladite figure 5.

Si l'on veut y marquer les Demi-heures & les Quarts, on subdivisera les espaces du Quart-de-cercle M H en deux ; & encore en deux. Par ces sous-divisions on tirera des lignes ponctuées du point B jusques sur l'Equinoxiale L K.

Ce Cadran se place sur un mur ou sur un plan bien perpendiculaire à l'Horison & tourné directement au Midi ; c'est pourquoi on le nomme *Vertical méridional.*

Sa Méridienne ou ligne de 12 h. doit être parfaitement à plomb, & sa ligne Horisontale doit être bien de niveau. Il a le centre en-haut, & l'extrémité de son axe tend au Pôle inférieur. Son opposé se nomme Vertical septentrional ; il a le centre en-bas, & l'extrémité de son axe tend au Pôle supérieur du monde. Sa construction est la même que celle du Vertical méridional ; car les lignes Horaires & l'axe font les mêmes angles avec la Méridienne. Le Cadran Vertical septentrional ne marque les Heures que pendant les grands jours d'Eté ; sçavoir, le matin depuis le lever du Soleil jusqu'à ce qu'il passe par le premier Vertical, & le soir depuis le tems qu'il repasse par le premier Vertical jusqu'à son coucher. Quand le Soleil décrit le Tropique d'Eté, il se léve sur l'Horison de Paris à 4 h. & arrive au premier Vertical à 7 h. 29′ 20″ du matin ; l'après-midi il repasse par le premier Vertical à 4 h. 30′ 40″ du soir, & se couche à 8 ; c'est pourquoi l'on marque sur ce Cadran les Heures depuis 4 h. du matin jusqu'à près de 7 h. & demie, qu'il cesse d'être éclairé, & depuis 4 h. & demie du soir qu'il recommence d'être éclairé jusqu'à 8 h.

D'où il suit qu'en ce tems-là le Vertical méridional n'est éclairé que depuis environ 7 h. & demie du matin jusqu'à 4 h. & demie du soir, qui est l'espace de tems que les rayons du Soleil manquent au Septentrional.

Mais quand le Soleil par son mouvement annuel a rejoint l'Equateur, il ne marque plus les heures sur le Vertical septentrional ; il les marque sur son opposé depuis son lever jusquà son coucher.

Construction du Cadran Pôlaire.

LA figure 6 représente un *Pôlaire* supérieur. C'est un Cadran incliné vers le Ciel, mais qui ne décline point ; car il est paralléle à l'axe du Monde & au cercle de 6 h., qui coupe le Méridien à angles droits. C'est pourquoi il ne peut jamais marquer 6 h. du matin ou du soir, parce que pour lors l'ombre du Style étant paralléle au Plan du Cadran, il n'y peut pas faire ombre.

Ce Cadran n'a point de centre, & les heures ſont paralléles entre elles & à l'axe du Monde. Son Plan étant paralléle à un Horiſon de la Sphére droite, paſſe par les deux Pôles du monde, d'où il tire ſon nom de *Pôlaire*.

Pour le tracer tirez premiérement la ligne A B, repréſentant l'Equinoxiale, & tirez-lui à l'équerre I D, qui ſera la Méridienne ou ligne de 12 h.; prenez la longueur du Style à diſcrétion, ſuivant la grandeur du Plan, comme ici C D. De ſon extrémité D faites un Quart-de-cercle que vous diviſerez en ſix arcs égaux, ou ſeulement un arc de 60 d. que vous diviſerez en 4 de 15 d. chacun pour les quatre premiéres heures après-Midi, & ajoûtez enſuite un pareil arc de 15 d. pour la 5me h. Du point D, tirez des lignes ponctuées par les diviſions de la circonférence dudit arc, juſqu'à la rencontre de la ligne A B; & par ces points de rencontre tracez les lignes Horaires paralléles à la Méridienne ou perpendiculaire à l'Equinoxiale. Les eſpaces des Heures également éloignées de Midi devant & après étant égaux, on n'a qu'à tranſporter les diſtances marquées ſur la ligne C A, de l'autre côté ſur la ligne C B. Fig. 6.

Le Style doit être égal à C D ou à C F diſtance de Midi, à 3 h. ou 9 h. & ſe peut faire en forme de Parallélogramme rectangle, comme celui qui eſt marqué au-deſſus de la lettre K, dans ladite figure 6. Il ſe place le long de la ligne de 12 H. qui pour cette raiſon eſt nommée *Souſtylaire*.

Si l'on ne met qu'une ſimple verge pour Style, comme celle qui ſe voit au point C de la Méridienne, il ne marquera les Heures que par l'ombre de ſa pointe, au lieu que le Parallélogramme les marque par une ligne.

Le Pôlaire ſupérieur peut marquer les Heures depuis 7 h. du matin juſqu'à 5 h. du ſoir.

Le Pôlaire inférieur ne peut ſervir que dans les grands jours d'Eté; il marque les Heures depuis le lever du Soleil juſqu'à 5 h. du matin, & depuis 7 h. du ſoir juſqu'au coucher du Soleil; pour l'élévation du Pôle de Paris, on y marque 4 & 5 h. du matin, comme auſſi 7 & 8 h. du ſoir. Sa conſtruction eſt la même que celle du Pôlaire ſupérieur, car la diſtance depuis la Souſtylaire juſqu'à 4 & 5 h. d'après Midi ſur le Pôlaire ſupérieur, eſt la même que celle de la Souſtylaire du Pôlaire inférieur juſqu'à 4 & 5 h. du matin, de même que juſqu'à 7 & 8 h. du ſoir. C'eſt pourquoi nous avons jugé inutile d'en tracer la figure.

La diſtance des Heures dépend de la grandeur du Style. Ainſi elles ſeront plus ou moins éloignées les unes des autres à proportion que l'extrémité D ſera plus ou moins éloignée de l'Equinoxiale.

Pour placer ce Cadran à Paris, il faut que ſon Plan faſſe avec l'Horiſon un angle de 49 d.: Le Cadran ſupérieur eſt tourné vers le Ciel & directement au Midi, afin que ſon axe ſoit paralléle à l'axe du Monde; ſon oppoſé, qui eſt l'inférieur, eſt incliné vers la Terre; les Heures du matin ſont vers l'Occident & celles du ſoir vers l'Orient.

Pour y tracer la ligne Horiſontale, du point F, extrémité du Style, comme centre, décrivez l'arc G H, égal au complément de l'élévation du Pôle, c'eſt-à-dire, de 41 d. pour Paris; tirez la droite F H qui coupera la Méridienne au point I, par lequel vous tirerez à angles droits l'Horiſontale L K, laquelle ſervira à connoître ſi le Cadran eſt bien placé, & s'il a ſon inclinaiſon convenable. Car pour cela il faut qu'un Plan poſé le long

de la ligne Horiſontale & appuyé ſur la pointe du Style, qui eſt en l'air, ſoit de niveau ou paralléle à l'Horiſon.

Dans les pays où la Sphére eſt droite, le Cadran pôlaire ſe place parallélement à l'Horiſon ; & dans la Sphére paralléle, il ſe place verticalement, c'eſt-à-dire, ſur les murs à plomb qui ne déclinent point.

Conſtruction du Cadran Equinoxial.

LE Cadran Equinoxial ſe diviſe en ſupérieur & en inférieur. Le ſupérieur ne marque les heures que pendant ſix mois de l'année ; ſçavoir, depuis l'Equinoxe de Printems juſqu'à celui d'Automne. Son oppoſé, qui eſt un Equinoxial inférieur, marque les Heures pendant les ſix autres mois ; c'eſt-à-dire, depuis l'Equinoxe d'Automne juſqu'à celui du Printems.

Le Plan de ces Cadrans eſt paralléle à l'Equateur & eſt coupé à angles droits en ſon centre par l'axe du Monde.

Fig. 7. Pour le conſtruire tirez à angles droits deux lignes droites A H, E D, dont la premiére ſera la ligne de 12 H. & l'autre celle de 6 H. Du point d'interſection A, décrivez une circonférence de cercle, dont chaque quart ſera diviſé en ſix parties égales, pour avoir 6 H. de ſuite, comme depuis 6 juſqu'à 12, qui ſerviront à tirer du centre toutes les lignes Horaires, qui font entre elles des angles égaux de 15 d. chacun. Chaque eſpace diviſé en deux donne les Demi-heures, & les arcs de Demi-heures ſubdiviſés en deux donnent les Quarts.

La conſtruction de l'Equinoxial ſupérieur & de l'inférieur eſt le même. Dans les pays où la Sphére eſt paralléle, c'eſt-à-dire, qui ont le Pôle au Zénith, il n'en faut qu'un qui ſert d'Horiſontal. Dans les pays où la Sphére eſt droite, c'eſt-à-dire, où les deux Pôles ſont ſur l'Horiſon, ces Cadrans ſont verticaux ſans décliner, & ſe placent contre les murailles, l'un tourné vers le Pôle Arctique, & l'autre vers l'Antarctique. Chacun de ces Cadrans eſt éclairé ſix mois de l'année. Mais dans la Sphére oblique, comme celle que nous habitons, ces Cadrans ſont inclinés à l'Horiſon, & font un angle égal à celui du complément de la Latitude, c'eſt-à-dire, à Paris de 41 d.

L'axe du Cadran Equinoxial eſt une verge, qui paſſant par le Centre, eſt perpendiculaire au Plan du Cadran & paralléle à l'axe du Monde ; on le fait grand à volonté lorſqu'il ne ſert qu'à marquer les Heures, mais on lui donne une longueur déterminée lorſqu'on veut lui faire marquer les ſignes du Zodiaque ou la longueur des jours, dont nous parlerons ci-après.

Conſtruction des Cadrans Orientaux & Occidentaux.

XXVII Planche. Fig. 1. CEs ſortes de Cadrans ſont paralléles au Plan du Méridien. L'un eſt tourné directement à l'Orient, & l'autre à l'Occident.

Cette figure repréſente un Cadran Méridional Occidental. Les lignes Horaires ſont paralléles entre elles & à l'axe du Monde, comme au Cadran Pôlaire, & leur conſtruction eſt à peu près la même.

Pour tracer ce Cadran tirez premiérement la ligne droite A B, repréſentant

Fig. 1.

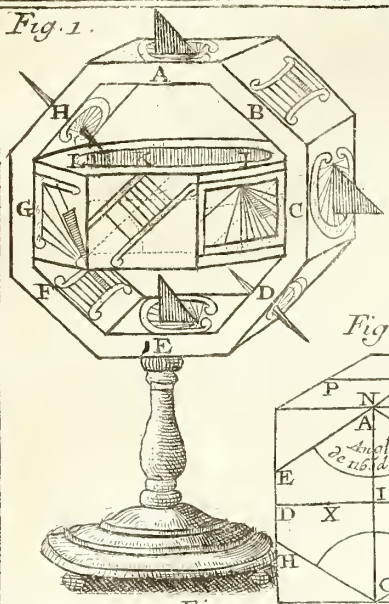


Fig. 2.

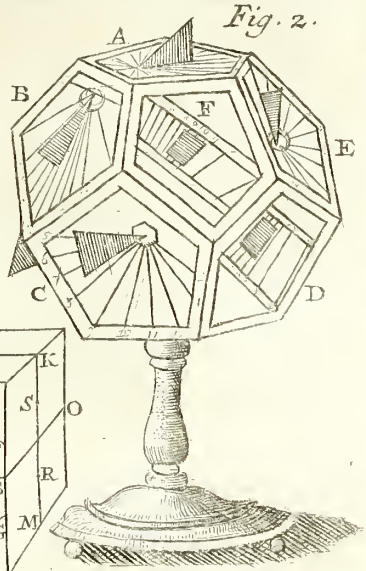


Fig. 3.

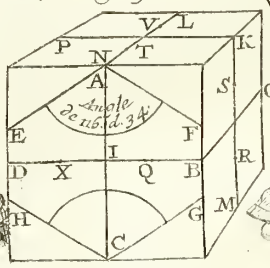
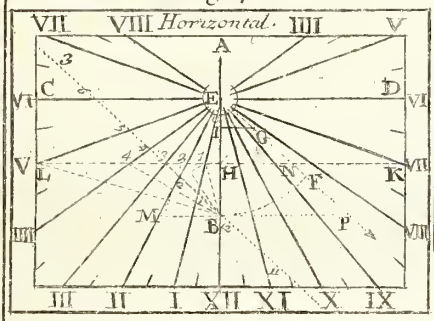
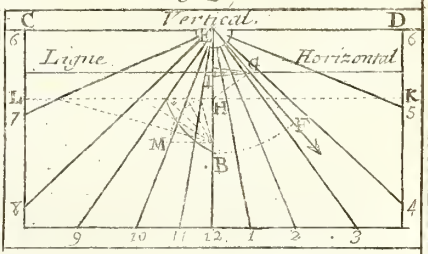


Fig. 4.

Fig. 5.





Polaire Superieur.

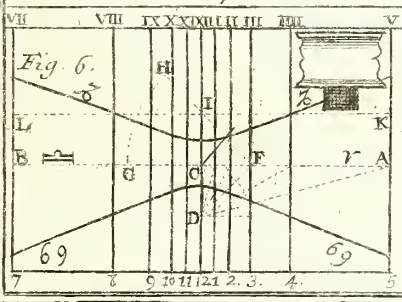
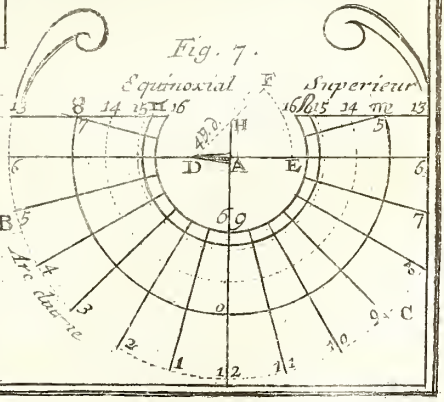


Fig. 6.

Fig. 7.



ſentant l'Horiſontale ; du point A, pris à diſcretion dans cette ligne, tracez l'arc B C égal au complément de la Latitude, qui eſt l'élévation de l'Equateur ſur l'Horiſon, c'eſt-à-dire, à Paris de 41 d. Par le point C, où ſe termine cet arc, tirez la ligne A C, prolongée autant qu'il eſt beſoin, laquelle ſera l'Equinoxiale, c'eſt-à-dire, la commune ſection de l'Equateur avec le Plan du Cadran. Par le point D, lieu du Style, que vous aurez pris à volonté ſur cette ligne, tirez E D perpendiculaire à l'Equinoxiale, cette ligne E D ſera la Souſtylaire, & celle de 6 H. Pour avoir les autres Heures prenez ſur la Souſtylaire un point E à volonté, duquel, comme Centre, vous décrirez un arc de 60 d., que vous diviſerez en 4 arcs égaux de 15 d. chacun, à commencer de la Souſtylaire. Portez enſuite ſur cette circonférence continuée de part & d'autre autant d'arcs de 15 d. qu'il convient, pour diviſer en Heures la ligne Equinoxiale, par des lignes ponctuées tirées du point E par les ſections de ces arcs. Enfin par les diviſions de cette ligne tirez les lignes Horaires convenables, paralléles à la ligne de 6 H. ou perpendiculaires à l'Equinoxiale. Ce Cadran marque les Heures d'après-Midi juſqu'au coucher du Soleil ; & comme à Paris il ſe couche à 8 H. en Eſté, on les marque depuis 1 juſqu'à 8, comme on les voit (*fig.* 1 *Planche* 28.)

La conſtruction de l'Oriental eſt la même que celle de l'Occidental. On y marque les Heures du matin depuis le lever du Soleil en Eſté, c'eſt-à-dire, depuis 4 H. du matin juſqu'à 11. Midi ne ſe peut point marquer ſur le Plan de ces Cadrans, parce que le Soleil étant dans le Méridien, ſes rayons ſont paralléles au Plan de ces Cadrans.

Après avoir tracé un Cadran Occidental ſur un papier, ſi on le rend tranſparent avec un peu d'huile, on verra de l'autre côté le Cadran Oriental tout tracé ; il n'y aura que les Heures à changer, en mettant 11 H. à la place d'une Heure ; 10 H. à la place de 2, & ainſi des autres.

Le Style de ces Cadrans eſt une verge de fer ou de cuivre égale à E D, qui eſt auſſi la diſtance depuis 6 H. juſqu'à 3 ou 9 H. Elle ſe place perpendiculairement au point D, & marque les Heures par l'ombre de ſa pointe. On peut auſſi, ſi l'on veut, mettre un Style dont la figure ſoit un Parallélogramme, comme nous l'avons dit & repréſenté en parlant du Cadran Pôlaire.

Ces Cadrans ſe placent ſur des murs à plomb, ou ſur des Plans perpendiculaires à l'Horiſon, paralléles au Méridien, & tournés directement l'un à l'Orient, & l'autre à l'Occident, de telle ſorte que la ligne Horiſontale ſoit parfaitement de niveau.

Conſtruction des Cadrans Verticaux-déclinans.

ON appelle *Cadran Vertical*, celui qui ſe fait ſur un Plan Vertical, c'eſt-à-dire, perpendiculaire à l'Horiſon, comme un mur bien à plomb.

Entre les 9 Cadrans réguliers, dont nous venons de parler, il y en a 4 Verticaux qui ne déclinent point, parce qu'ils ſont tournés directement vers l'une des quatre parties cardinales du Monde ; l'un au Midi, & ſon oppoſé au Septentrion ; l'autre à l'Orient, & ſon oppoſé à l'Occident.

Il nous reſte à parler ici des Cadrans irréguliers, dont les uns ſont Ver-

ticaux-déclinans ; les autres inclinés ſans déclinaiſon ; & les autres enfin déclinans & inclinés.

Les Verticaux-déclinans ſont de quatre ſortes, car les uns déclinent du Midi vers l'Orient, & leurs oppoſés déclinent du Septentrion vers l'Occident ; les autres déclinent du Midi vers l'Occident, & leurs oppoſés du Septentrion vers l'Orient.

Entre les Cadrans irréguliers, les Verticaux-déclinans ſont les plus en uſage, parce qu'ils ſe font ſur des murs, qui pour l'ordinaire ſont bâtis à plomb, ou ſur des corps dont les Plans ſont perpendiculaires ; mais avant que d'entreprendre à faire ces ſortes de Cadrans, il faut commencer par connoître exactement la déclinaiſon du mur ou des plans, & de quel côté eſt cette déclinaiſon ; ce que l'on pourra faire par quelques-unes des méthodes que nous expliquerons ci-après.

Suppoſé que l'on connoiſſe qu'un Plan (tel que celui marqué I, de la *fig.* 1. *Planche* 27.) ou un mur vertical décline du Midi à l'Occident de 45 d. à Paris ou aux environs, où le Pôle eſt élevé de 49 d. ſur l'Horiſon ; il faudra faire le modéle d'un Cadran pour l'appliquer contre ce Plan ou contre ce mur.

Fig. 2. Tirez premiérement les lignes A B, C D, ſe coupantes à angles droits au point E. La premiére ſera la ligne de 12 H. & la ſeconde ſera l'Horiſontale. Du point E, comme centre, tracez l'arc F N de 45 d. à cauſe de pareille déclinaiſon que nous avons ſuppoſée, & comme elle eſt du Midi à l'Occident, il faut que cet arc ſoit tracé du côté droit de la ligne du Midi, car il faudroit le faire à gauche ſi la déclinaiſon étoit du côté d'Orient. Du point F élevez la perpendiculaire F H, juſqu'à la rencontre de l'Horiſontale, pour y avoir un point de la Souſtylaire, c'eſt-à-dire, le pied du Style. Prenez avec un compas la diſtance E F & la portez ſur l'Horiſontale de E en O. Du point O, comme centre, tracez l'arc E G égal à la hauteur du Pôle, comme ici de 49 d. ; & par G tirez la ligne ponctuée O G A juſqu'à la rencontre de la ligne de 12 H. pour y avoir le Centre du Cadran en A, par lequel vous tirerez la Souſtylaire A H, longue à diſcrétion, laquelle eſt une des principales lignes ſervant à la conſtruction de ces Cadrans, & d'où dépend preſque toute leur juſteſſe.

Du point H élevez perpendiculairement ſur la Souſtylaire, la droite H I, pour Style, égale à H F ; enſuite vous formerez le Style triangulaire A H I, en tirant la ligne A I, qui eſt l'axe du Cadran. Du point I tirez I K perpendiculaire à l'axe rencontrant la Souſtylaire en K, ſur laquelle vous marquerez K L égale à K I. Par le point K tirez la ligne Equinoxiale M T, coupant la Souſtylaire à angles droits, & l'Horiſontale au point de 6 H. Ainſi ayant déja 12 H. & 6 H, tirez les deux lignes ponctuées T L, L 6, leſquelles feront un angle droit au point L., ſi les opérations antérieures ont été faites exactement. Dudit point L, comme centre, décrivez un Quart-de-cercle entre leſdites lignes ponctuées ; diviſez ſa circonférence en 6 arcs égaux de 15 d. chacun, par leſquels tirez autant de lignes occultes juſqu'à la rencontre de l'Equinoxiale. Pour avoir les Heures d'avant Midi & celles d'après 6 H. continuez la circonférence du Quart-de-cercle de côté & d'autre, & y tranſportez autant d'arcs de 15 d. qu'il en faut pour tirer des lignes occultes du point L juſqu'à la rencontre de ladite Equinoxiale. Enfin par ces points de rencontre tirez du centre A les li-

gnes Horaires, comme on les voit (*fig.* 2.) On ne doit tout au plus marquer que 12 H. sur ces sortes de Cadrans ; car tout Plan vertical ne peut pas être éclairé du Soleil plus long-tems.

On peut encore avoir les points des lignes Horaires sur l'Horisontale D C, en appliquant au point F le centre du Cadran Horisontal, de sorte que sa ligne Méridienne convienne avec la ligne F E, & sa ligne de 6 H. avec la ligne F 6. Cette ligne F 6 n'a point été tirée pour éviter à confusion : elle doit faire un angle droit avec la ligne F E. Les points des autres Heures se marqueront par leur rencontre sur ladite ligne C D.

Six intervalles d'Heures, ou de Demi-heures, ou de Quarts-d'heure étant marqués de suite & donnés sur la surface d'un Cadran, tel qu'il soit, on peut trouver les autres Heures par la méthode suivante.

Supposons ici les Heures tracées depuis 6 jusqu'à 12. Si vous voulez avoir 9, 10 & 11 H. du matin, qui pourroient être marquées sur ce Cadran ; mais dont le peu d'étendue du Plan ne permet pas d'avoir leurs points de rencontre sur la ligne Equinoxiale ; du point V pris à discrétion sur la ligne de 12 H. tracez une paralléle à la ligne de 6 H. comme V S, qui coupera les lignes 1, 2 & 3 H. après-Midi. L'intervalle depuis V jusqu'à la ligne d'une Heure, pris sur cette paralléle, & porté de l'autre côté donnera sur ladite paralléle un point de 11 H. De même l'intervalle depuis V jusqu'à la ligne de 2 H. porté de l'autre côté, donnera un point de 10 H. & l'intervalle depuis V jusqu'au point où la ligne de 3 H. coupe cette paralléle, porté de l'autre côté du point V sur cette même paralléle, donnera un point de 9 H. Du centre du Cadran A vous tirerez les lignes Horaires passant par les points marqués sur ladite paralléle.

On peut de la même façon avoir des points de 7 & 8 H. du soir, en tirant une paralléle à la ligne de 12 H. qui coupe en un point celle de 6, & qui rencontre celles de 4 & de 5 prolongées : car l'intervalle de 6 à 5 sur cette paralléle, porté de l'autre côté, y donnera un point de 7 H. & l'intervalle de 6 à 4 y donnera un point de 8 H. par lesquels points & par le centre A, on tirera ces lignes Horaires, & le Cadran sera achevé.

Cette maniére de trouver les Heures un peu éloignées de la Soustylaire est fort commode, en ce qu'elle évite les sections obliques & éloignées qu'il faut faire sur la ligne Equinoxiale ; en quoi il faut observer que le point V depuis lequel on transporte sur un côté de cette paralléle les espaces qui sont sur l'autre, doit être pris sur une ligne Horaire, qui soit éloignée de six intervalles d'Heures de la ligne Horaire à laquelle on a fait V S paralléle. Comme dans l'exemple précédent on a commencé à compter ces espaces du point d'intersection V de la ligne de 12 H. avec ladite paralléle, laquelle ligne de 12 H. est éloignée de 6 intervalles d'Heures, de la ligne de 6 H., à laquelle a été faite paralléle la ligne V S.

La construction du Cadran Vertical déclinant du Midi à l'Orient, est semblable à celle que nous venons de décrire, excepté que ce qui a été fait à droit, se doit faire à gauche, & que les Heures du matin se placent au lieu de celles d'après-Midi, qui font leur complément à 12. Tellement que si l'on avoit tracé un déclinant vers l'Occident sur un papier transparent, on verroit de l'autre côté un déclinant vers l'Orient tout tracé. Il n'y auroit qu'à mettre sur le revers du papier 3 H. après Midi à la place de 9 du

matin ; 2 H. à la place de 10 ; une H. à la place de 11 , & ainſi de ſuite. Par ce moyen la Souſtylaire , qui ſe trouve (*fig.* 2.) entre 3 & 4 H. après-Midi , ſeroit dans l'autre entre 8 & 9 H. du matin. Si la déclinaiſon étoit moindre que de 45 d. la Souſtylaire ſeroit plus proche de Midi ; ſi au contraire la déclinaiſon étoit plus grande , la Souſtylaire en ſeroit plus éloignée , & s'approcheroit de la ligne de 6 H. Mais quand cela arrive , les Heures ſont ſi ſerrées aux environs de la Souſtylaire , qu'on eſt obligé de faire le modéle du Cadran ſur un Plan bien grand , afin d'allonger beaucoup les lignes Horaires & de retrancher la partie du Cadran qui eſt vers le Centre.

Les déclinans du Septentrion à l'Orient ou à l'Occident ſe décrivent de la même façon ; mais ils ont le centre en-bas au-deſſous de la ligne Horiſontale , & ne ſont proprement que les mêmes Cadrans renverſés , comme on voit en la figure 3.me qui repréſente un déclinant du Septentrion à l'Occident de 45 d. comme pour le Plan marqué L , (*fig.* 1. *Planche* 27.) Sa Souſtylaire doit être entre 8 & 9 heures du ſoir , de ſorte qu'un ſeul déclinant peut ſervir à en tracer quatre ; s'ils ont la déclinaiſon égale , quoique de différens côtés , deux auront le centre en-haut , & deux l'auront en-bas.

Par deux points d'ombre obſervés ſur un Plan , y tracer une Souſtylaire.

Fig. 2. SErvez-vous de l'exemple de la fig. 2 , qui repréſente un Style Y I , courbé & placé obliquement. C'eſt une verge de fer , dont l'extrémité élévée I doit être pointue pour avoir plus préciſément ſur le Plan , ſon point d'incidence H , c'eſt-à-dire , le pied du Style qui ſe peut prendre par le moyen d'une Equerre ; car c'eſt le point auquel répond perpendiculairement ſur la ſurface du Cadran l'extrémité du Style.

Comme cette figure repréſente un Vertical-déclinant du Midi à l'Occident , ſa Souſtylaire ſe doit trouver entre les Heures d'après-Midi à gauche de la Méridienne. Suppoſé que le premier point d'ombre obſervé ſoit P. Du pied du Style H , comme centre , décrivez un arc de cercle P R , qui aura pour rayon la diſtance H P. Quelques heures après du même jour , lorſque l'ombre de l'extrémité du Style rencontrera une ſeconde fois ledit arc , marquez-y le ſecond point Q. Diviſez en deux également l'arc P Q au point R , & tirez par le pied du Style la droite R H , qui ſera la Souſtylaire ; laquelle étant tracée exactement & connoiſſant d'ailleurs la hauteur du Pôle ſur l'Horiſon du pays où l'on veut faire ce Cadran , il ſera facile de l'achever ; car premiérement la Méridienne ou ligne de 12 H. eſt toujours perpendiculaire à l'Horiſon , aux Plans verticaux , & le point de rencontre de la Méridienne avec la Souſtylaire eſt le Centre du Cadran , comme le point A. La ligne Horiſontale eſt une ligne de niveau , paſſant par le pied du Style comme D H C. Enſuite pour avoir la ligne Equinoxiale , formez ſur la Souſtylaire le Style triangulaire A H I , dont l'hypoténuſe A I eſt l'axe , & H I le Style droit. Du point I tirez I K perpendiculaire à l'axe , rencontrant la Souſtylaire au point K , par lequel vous tirerez à angles droits ſur ladite Souſtylaire , la droite M K N , qui ſera l'Equinoxiale , & le point, où elle coupera l'Horiſontale , ſera toujours le point de 6 H. la diſtance K I portée ſur la Souſtylaire , donnera le point L , qui

ſera le Centre diviſeur de l'Equinoxiale ; le reſte du Cadran s'achevera comme nous avons expliqué ci-devant. Le modéle s'en pourra faire dans le cabinet, après avoir tranſporté ſur un papier la poſition & la rencontre des principales lignes, & bien exactement l'angle que fait la Souſtylaire avec l'Horiſontale ou avec la Méridienne ; car l'un eſt le complément de l'autre.

Pour vérifier la poſition de la ligne Equinoxiale, faites au Centre du Cadran ſur la Méridienne A B l'angle B A O égal au complément de l'élévation du Pôle, c'eſt-à-dire, à Paris de 41 d. ; tirez la ligne A O juſqu'à la rencontre de l'Horiſontale ; faites l'angle droit A O N, afin d'avoir ſur la Méridienne ou ligne de 12 H. le point N, par lequel doit paſſer la ligne Equinoxiale. Ayant ainſi pluſieurs méthodes pour trouver les principaux points, l'une ſervira à vérifier l'autre.

Lorſque le Plan décline du Midi à l'Orient, on trouvera par le moyen des points d'ombre & du pied du Style que la Souſtylaire eſt à droite de la Méridienne. Il eſt bon de marquer le premier de ces points d'ombre le matin, auſſi-tôt que le Plan commence à être éclairé du Soleil, & de prendre garde quand l'ombre de l'extrémité du Style rencontrera une ſeconde fois l'arc tracé par le premier point d'ombre.

On peut recommencer quelques jours de ſuite les mêmes opérations, afin de voir ſi la poſition de la Souſtylaire ſe trouvera toujours la même, ce qui arrivera ſi l'on opére exactement.

Le tems le plus propre pour marquer ces points d'ombre eſt aux environs des Solſtices, c'eſt-à-dire, 15 jours devant ou après ; car lorſque le Soleil approche des Equinoxes, ſa déclinaiſon eſt trop ſenſible & l'opération moins exacte.

On peut cependant avoir la poſition de la ligne Equinoxiale, lorſque le Soleil eſt dans les points équinoxiaux, & conſtruire alors un Cadran Vertical-déclinant par la méthode ſuivante.

Par quelques points d'ombre obſervés ſur Plan vertical, y tracer l'Equinoxiale.

LA plus ſimple & la plus facile méthode pour tracer ſur un mur la ligne Equinoxiale eſt d'attendre au tems des Equinoxes, (quoiqu'on la puiſſe avoir en tout tems, mais par des méthodes plus compoſées.) Car lorſque le Soleil par ſon mouvement journalier parcourt l'Equateur, tous les points d'ombre de l'extrémité d'un Style ſe trouvent dans une même ligne droite, qui eſt la commune ſection de l'Equateur & du Plan. Or cette ligne eſt l'Equinoxiale.

Ayant donc marqué ce jour-là pluſieurs points d'ombre ſur le mur, aſſez éloignés les uns des autres, tirez par tous ces points une ligne droite qui ſera l'Equinoxiale, comme dans ladite fig. 2, la ligne M N : tirez ſur cette ligne une perpendiculaire paſſant par le pied du Style, & ce ſera la Souſtylaire A H L ; tirez encore par le pied du Style H, une ligne de niveau, qui ſera l'Horiſontale, comme D H C ; tirez H I égale à la hauteur du Style droit & paralléle à l'Equinoxiale, & après avoir marqué la ligne ponctuée I K, tirez lui à l'Equerre l'axe I A, alors le point A ſera le Centre du Cadran, & la ligne à plomb A B ſera la Méridienne ou ligne de 12 H. Fig. 2.

Vous avez auſſi un point de 6 H. par l'interſection de l'Equinoxiale & de l'Horiſontale, & par conſéquent de quoi achever le Cadran; l'angle H F E ſera la déclinaiſon du Plan.

Par un point d'ombre obſervé à Midi ſur un Plan Vertical, y faire un Cadran.

UN Style étant planté dans un mur, comme H I, (même figure,) dont H eſt le pied & I la pointe; ſi vous connoiſſez par quelque moyen ſûr qu'il eſt Midi en quelque tems de l'année que ce ſoit, ce qu'on pourra connoître par une ligne Méridienne tracée ſur un Plan Horiſontal, comme nous dirons ci-après, marquez-y un point d'ombre, comme ſeroit, par exemple, le point N; par ce point tirez la perpendiculaire A N B, qui par conſéquent ſera la Méridienne du lieu ou ligne de 12 H. tirez par le pied du Style une ligne de niveau qui ſera l'Horiſontale, comme C H D, coupant à angles droits la Méridienne au point E; faites H F égale au Style droit H I, & paralléle à la Méridienne; prenez avec un compas l'hypoténuſe E F & la portez ſur l'Horiſontale de E en O, pour y faire l'angle E O A égal à l'élévation du Pôle, comme ici de 49 d., qui vous donnera ſur la Méridienne le point A, Centre du Cadran.

Faites auſſi ſous l'Horiſontale l'angle E O T égal au complément de ladite élévation de Pôle, comme ici de 41 d., alors le point T ſur la Méridienne ſera un point de la ligne Equinoxiale. Par le Centre du Cadran A & par le pied du Style H tirez la droite A H R, ce ſera la Souſtylaire; & faiſant paſſer par le point T une perpendiculaire à cette ligne, vous aurez l'Equinoxiale. Ayant ainſi les principales lignes du Cadran, il ſera facile de l'achever par les méthodes expliquées ci-devant.

Cette méthode pour tracer en tous les tems de l'année un Cadran par un ſeul point d'ombre obſervé à Midi, peut ſervir lorſqu'il n'eſt pas poſſible d'avoir la Souſtylaire par deux points d'ombre, ce qui arrive ſur les Plans qui déclinent conſidérablement vers l'Orient ou vers l'Occident.

Il y a pluſieurs autres moyens de conſtruire les Cadrans Verticaux ſur des murs bien à plomb. Il ſeroit trop long de les rapporter ici, parce que nous n'avons prétendu donner que les méthodes les plus ſimples & les plus faciles à pratiquer. Et pour une plus grande juſteſſe dans leur conſtruction, nous donnerons ci-après des régles pour trouver la valeur des angles que font toutes les lignes Horaires au centre des Cadrans, ce qui ſervira à vérifier les autres méthodes.

Conſtruction des Cadrans inclinés ſans déclinaiſon.

L'Inclinaiſon des Cadrans eſt l'angle que font leurs Plans avec l'Horiſon. Les uns ſont tournés vers le Ciel, & les autres vers la Terre. Il y en a de deux ſortes eu égard au Pôle, & de deux ſortes eu égard à l'Equateur. Chacun a ſon ſupérieur & ſon inférieur.

XXVII. Planche. Fig. 4. & 5.

Si le Plan regarde le Midi & a l'inclinaiſon vers le Nord, cette inclinaiſon peut être plus petite ou plus grande que l'élévation du Pôle; car ſi l'inclinaiſon étoit égale, ce ſeroit un Pôlaire ſupérieur ou inférieur, dont nous avons ci-devant donné la conſtruction.

Suppoſons que l'inclinaiſon ſoit moindre que l'élévation du Pôle (comme à Paris où cette élévation eſt à peu près de 49 d.) ſi vous voulez faire un Cadran ſur un Plan qui regarde le Midi, & dont l'inclinaiſon ſoit vers le Nord de 30 d., ôtez 30 de 49, il reſtera 19 d., qui ſera la hauteur de l'axe ſur ce Plan, & faites-y un Cadran Horiſontal régulier pour 19 d. d'élévation de Pôle par la méthode que nous avons donnée (*fig.* 4. *Planche* 27) parce que ce Plan ainſi incliné eſt paralléle à l'Horiſon de ceux qui ont le Pôle élevé de pareille hauteur, & par conſéquent, c'eſt un Cadran Horiſontal pour eux. Le centre de ces Cadrans eſt en-bas au-deſſous de l'Equinoxiale, les Heures du matin ſont à main gauche, & celles du ſoir à droite de ceux qui regardent ce Cadran.

Son oppoſé inférieur vers le Nord ne différe point du ſupérieur vers le Sud, ſinon que le centre eſt au-deſſus de la ligne Equinoxiale, & que les Heures du matin ſont à droite, & celles du ſoir à gauche.

Mais ſi l'inclinaiſon eſt plus grande que l'élévation du Pôle du lieu, par exemple, ſi elle eſt de 63 d. otez-en la hauteur du Pôle de Paris, 49, il reſtera 14 d. & faites un Horiſontal pour cette élévation. Le centre du Supérieur vers le Sud eſt en haut au-deſſus de l'Equinoxiale, les Heures du matin ſont à gauche, & celles du ſoir à droite. Son oppoſé inférieur vers le Nord a le centre en-bas, les Heures du matin à droite & celles du ſoir à gauche.

Si le Plan regarde le Septentrion & a ſon inclinaiſon vers le Sud, elle peut être plus petite ou plus grande que celle de l'Equateur; car ſi elle étoit égale, on y feroit un Cadran Equinoxial ſupérieur ou inférieur, qui eſt un cercle diviſé en 24 parties égales, comme nous avons dit ci-devant en parlant des Cadrans réguliers.

Si l'inclinaiſon eſt moindre que l'élévation de l'Equateur, comme ſi à Paris le plan étoit incliné de 30 d. vers le Midi, ajoûtez les 30 d. d'inclinaiſon à la hauteur du Pôle, 49, & faites un Horiſontal pour 79 d. d'élévation; le centre du ſupérieur vers le Septentrion ſera en-haut, les Heures du matin à droite, & celles du ſoir à gauche. Son oppoſé inférieur vers le Midi a le centre en bas; les Heures du matin à gauche, & celles du ſoir à droite.

Enfin ſi l'inclinaiſon eſt plus grande que l'élévation de l'Equateur, comme elle ſeroit à Paris de 60 d., ajoûtez le complément de l'inclinaiſon, qui eſt 30, à l'élévation de l'Equateur, qui eſt de 41, la ſomme ſera 71 d. Faites un Horiſontal pour cette élévation de Pôle. Le ſupérieur vers le Septentrion a le centre en-bas, & les Heures du matin à droite; ſon oppoſé, qui eſt inférieur vers le Midi, a le centre en-haut, & les heures du matin à gauche.

La Méridienne ou ligne de 12 H. eſt la Souſtylaire de tous les Cadrans inclinés ſans déclinaiſon: elle paſſe par leur centre & fait angles droits avec la ligne de 6 H. On peut la tracer ſur les Plans inclinés par le moyen d'un fil ſuſpendu avec ſon plomb, à l'aide de la lumiére ou du rayon viſuel; car l'ombre ou le rayon paſſant par le centre, marquera ſa trace tout le long du Plan.

Pour repréſenter toutes ces différentes ſortes de Cadrans, il auroit fallu 8 figures; ſçavoir 4 pour les ſupérieurs, & 4 pour les inférieurs; mais comme ils ne ſont pas difficiles à concevoir & à tracer, nous n'en avons

avons marqué que deux, par rapport au Dodécaëdre ſur lequel on les place.

Conſtruction des Cadrans Déclinans-Inclinés.

LA Déclinaiſon d'un Cadran eſt l'angle que fait ſon Plan avec le premier Vertical : c'eſt auſſi l'angle que fait la verticale d'un Plan avec la Méridienne du lieu : ces deux angles étant égaux, l'Inclinaiſon eſt l'angle qu'il fait avec l'Horiſon. Nous enſeignerons ci-après la maniére de trouver l'une & l'autre.

XXVII. Planche. Fig. 2. Suppoſons que l'on veuille faire un Cadran Déclinant de 36 d. du Midi à l'Orient, & incliné vers la terre de 63 d. 26 m. comme eſt celui marqué C qui repréſente un Dodécaëdre.

Avant toutes choſes, il faut remarquer 1°. que la ligne Horiſontale, qui paſſe par le pied du Style des Cadrans Verticaux, n'y paſſe point aux Inclinés, mais qu'elle eſt au-deſſus du pied du Style aux Inclinés ſupérieurs, qui regardent le Ciel ; & au-deſſous, aux inférieurs, qui regardent la Terre, comme eſt celui que nous avons deſſein de conſtruire.

2°. Que la Méridienne ou ligne de 12 H. aux Inclinés-Déclinans ne coupe point à angles droits l'Horiſontale, comme elle fait aux Verticaux ; ce qui fait que pour la tracer, il faut deux points, qui par le moyen de l'angle de Déclinaiſon ſe trouvent l'un ſur la ligne Horiſontale, & l'autre ſur la ligne Verticale qui coupe l'Horiſontale à angles droits.

Ce point de la Verticale ſe nomme *Zénith* aux ſupérieurs, parce que ſi le Soleil étoit au Zénith du lieu, l'ombre de l'extrémité du Style parviendroit à ce point, lequel par conſéquent ſeroit au-deſſous du Style de ces Cadrans. On le nomme *Nadir* aux inférieurs, parce que ſi le Soleil étoit au Nadir, & que la terre fût tranſparente, l'ombre de l'extrémité du Style toucheroit ce point, lequel par conſéquent doit être au-deſſus du Style, comme il eſt au Cadran propoſé.

3°. Que le centre de ce Cadran inférieur, qui décline du Midi à l'Orient, doit être en-haut, & la Souſtylaire à gauche de la Verticale & de la Méridienne entre les heures du matin, & partant la Méridienne à droite de la Verticale.

Le centre du Cadran inférieur, qui décline du Midi à l'Occident doit auſſi être en-haut, mais la Souſtylaire eſt à droite de la Verticale & de la Méridienne entre les Heures d'après-Midi. Les ſupérieurs oppoſés ont le centre en-bas, & ne ſont que les mêmes Cadrans renverſés. C'eſt pourquoi il ſuffit d'en tracer un des quatre.

XXVIII. Planche. Fig. 6. Ainſi pour tracer le modéle du Cadran propoſé, tirez premiérement la ligne A B à plomb, ſur laquelle ayant mené à diſcrétion E F, perpendiculaire pour la longueur du Style droit, dont E ſera le pied & F l'extrémité ; du point F, comme centre, décrivez l'angle d'Inclinaiſon G F H de 63 d. 26 m. au-deſſus de la ligne E F ; & au-deſſous, l'arc de complément G I de 26 d. 34 m. Tirez enſuite la droite F H A juſqu'à la rencontre de la ligne A B au point A, qui ſera le Nadir & un point de la Méridienne. Tirez auſſi la ligne F I, coupant la ligne A B au point L, par lequel vous menerez l'Horiſontale M L d'équerre, c'eſt-à-dire, perpendiculaire avec A B ; prenez avec un compas la diſtance L F, & la portez de L en O, qui ſera le centre diviſeur de l'Horiſontale. Du point O, comme

comme centre, faites à droite de la ligne A B, l'arc L P de 36 d., qui eſt la déclinaiſon du plan, pour avoir ſur l'Horiſontale un point de 12 H. par lequel & par le Nadir A vous tirerez la Méridienne A 12. Faites à gauche de la ligne A B un angle du complément de la Déclinaiſon, lequel ſera ici de 54 d. & vous donnera ſur l'Horiſontale le point de 6 H. & un point de la ligne Equinoxiale. Pour achever ce Cadran, il ne faut plus qu'un point de la Souſtylaire, en ayant déja un qui eſt le pied du Style E.

Pour cet effet il n'y a qu'à chercher le centre du Cadran en la maniére qui ſuit. Du point de 6 H. M, tirez la ligne M R, coupant à angles droits la Méridienne. Cette ligne M R paſſe par le pied du Style, car elle eſt la commune ſection que fait avec le Plan du Cadran le Vertical perpendiculaire au Méridien. Portez la diſtance O 12, de 12 en R, ou bien la diſtance A F de A en R. Tirez la ligne occulte 12 R, ſur laquelle du point R, comme centre, décrivez l'arc N K de 49 d. pour pareille élévation de Pôle, tirez la ligne R K, qui coupera la Méridienne au point K, qui ſera le centre du Cadran. Tirez la Souſtylaire K E, & du point M une perpendiculaire ſur ladite ligne pour avoir l'Equinoxiale M Q. On peut encore avoir ſur la Méridienne un point de l'Equinoxiale, en faiſant l'angle N R Q de 41 d. c'eſt-à-dire, du complément de l'élévation du Pôle.

Ayant trouvé la poſition des principales lignes, il ſera facile d'y marquer les diviſions des Heures, & ce en deux maniéres; ſçavoir, ſur la ligne Horiſontale & ſur l'Equinoxiale. 1°. Pour les marquer ſur l'Horiſontale, appliquez au point O le centre d'un Cadran Horifontal, en ſorte que la ligne de Midi convienne avec la ligne O 12, & celle de 6 H. avec la ligne O 6, & marquez les points des autres Heures ſur la ligne Horiſontale M L.

2°. Pour marquer les mêmes Heures ſur la ligne Equinoxiale, il faut former le Style triangulaire, en élévant ſur la Souſtylaire la perpendiculaire E S égale à E F, tirant l'axe S K. Prenez enſuite la diſtance T S & la portez ſur la Souſtylaire de T en V, qui ſera le centre diviſeur de la ligne Equinoxiale, laquelle étant diviſée de la même maniére que nous avons dit en parlant des Déclinans, vous tirerez les lignes Horaires du centre K, & le Cadran ſera achevé.

On pourra enſuite le mettre au net, en n'y mettant que les principales lignes & celles des Heures avec le Style, comme on le peut voir en la figure 7me pentagonale.

Par le moyen de ce Cadran on peut faire les trois autres qui ont même Déclinaiſon & Inclinaiſon. Les deux inférieures qui déclinent du Midi à l'Orient & à l'Occident, ont le centre en haut; les deux ſupérieures qui déclinent du Septentrion à l'Orient & à l'Occident, ont le centre en bas, & ne ſont que les mêmes Cadrans renverſés, comme nous l'avons déja dit.

Le Cadran de la figure 8 repréſente celui marqué F de la fig. 2. Planche 27. C'eſt un ſupérieur Incliné vers le Ciel de 63 d. 26 m. déclinant du Midi à l'Orient de 72 d. On pourra le tracer ſuivant la méthode que nous venons d'expliquer. Son centre ſe trouve en bas; mais parce que ſa déclinaiſon eſt grande, ſes Heures ſont fort ſerrées aux environs de la Souſtylaire; c'eſt pourquoi on le doit tracer ſur un grand Plan, afin d'en re- Fig. 8.

trancher la partie qui eſt vers le centre, & de terminer ſon Style & ſes lignes Horaires par deux paralléles.

Il y a un autre moyen de tracer mécaniquement ſur un Polyédre ou corps à pluſieurs faces, toutes ſortes de Cadrans réguliers ou irréguliers, Déclinans & Inclinés, & même ſans connoître leur Déclinaiſon ni Inclinaiſon. On y réuſſit auſſi-bien que par toutes les différentes méthodes que fournit la Gnomonique. Pour cet effet, commencez par tracer exactement ſur une des faces qui eſt paralléle à l'Horiſon, un Cadran Horiſontal avec ſon Style élevé perpendiculairement ſur la ligne de 12 H, conformément à l'élévation du Pôle du lieu. Il faut enſuite connoître le lieu & la ſituation des Souſtylaires ſur chacune des faces qui peut être éclairée du Soleil, pour y placer fixément & perpendiculairement un Style ou axe de cuivre ou de quelque autre matiére ſolide, proportionné à la grandeur deſdites faces; en ſorte que les axes de tous ces Styles ſoient bien paralléles à celui de l'Horiſontal, vous ſervant pour cet effet d'une lime pour ôter ce qui excédera, ce que vous connoîtrez en les bornayant tous les unes après les autres avec l'axe d'un grand Style paralléle à celui de l'Horiſontal placé de niveau, ou bien le tenant à la main, de maniére que ſa baſe ſoit paralléle à l'Horiſon; ce que vous pourrez faire par le moyen d'un perpendicule & de ſon plomb attaché au haut dudit Style, faiſant enſorte que tous ces axes tendent au Pôle du Monde.

Le tout étant ainſi préparé, expoſez ce corps aux rayons du Soleil; tournez-le de maniére que l'axe du Cadran Horiſontal marque par ſon ombre toutes les Heures les unes après les autres; & à meſure qu'il marquera chaque heure, tracez ſur les faces la même ligne d'heure ſuivant l'ombre de leurs axes; continuez ces lignes Horaires juſqu'au centre des Cadrans qui ont un centre, ſoit en haut, ſoit en bas; & à ceux qui n'ont point de centre, terminez les lignes Horaires par deux paralléles, comme on les voit ſur les Cadrans du Dodécaëdre. Marquez-y les Heures convenables du ſoir & du matin, ſelon que ces Cadrans ſeront expoſés à l'Orient ou à l'Occident, au Midi ou au Septentrion.

On peut faire la même choſe de nuit à la lumiére d'un flambeau que l'on fera tourner autour du Polyédre.

On place quelquefois dans les jardins de grands corps de pierre taillés à pluſieurs faces, ſur leſquelles faces on trace autant de Cadrans par la méthode que nous venons d'indiquer.

Il y a quelques-uns de ces Cadrans, où les angles de pierre que l'on nomme en termes de l'art *vives arrêtes*, ſervent d'axes, & doivent être taillées, de maniére qu'elles tendent toutes au Pôle & ſoient paralléles à l'axe du Monde.

Conſtruction de Cadrans par le calcul des angles.

CEtte méthode eſt d'un grand ſecours pour vérifier toutes les opérations de la Gnomonique, où l'on a beſoin de beaucoup d'exactitude, principalement quand on eſt obligé de faire un petit modéle pour tracer un grand Cadran; car une erreur preſque inſenſible dans le modéle devient très-conſidérable dans les longues lignes qu'il faut tracer ſur un Plan de grande étendue.

En la conſtruction des Cadrans réguliers, comme de l'Horiſontal, on a dû voir que les diviſions de la ligne Equinoxiale L K ſont les tangentes des angles du Quart-de-cercle M H, & les lignes ponctuées en ſont les ſécantes. C'eſt pourquoi on les peut marquer avec une échelle de parties égales ou avec un Compas de proportion. En ſuppoſant par exemple que le rayon H B ſoit de cent parties, la diſtance H I (tangente de 15 d.) ſera de 27 des mêmes parties; H 2 (tangente de 30 d.) ſera de 58; H 3, (tangente de 45 d. égale au rayon) ſera de 100; H 4 (tangente de 60 d.) ſera de 173; & H 5, (tangente de 75 d.) ſera de 373. Les diviſions de l'autre moitié de cette ligne pour les Heures avant Midi ſont ſemblables. XXII. Planche. Fig. 4.

On peut de même trouver ſur cette ligne les points des Demi-heures & des Quarts, en prenant les tangentes des arcs convenables, qu'il ſera facile de trouver dans les Tables ci-deſſus pag. 266 & 267; à quoi l'on peut ajoûter quelque abregé tiré de la valeur des ſécantes; comme la ligne B 4, ſécante de 60 d. étant double du rayon, ſi vous portez le double de B H, de B en 4, vous aurez le point de 4 H. ſur la ligne Equinoxiale. Cette même Sécante portée de 4 en L, donnera le point de 5; & ſi vous en faites autant de l'autre côté, vous aurez le point d'onze Heures.

A l'égard des Demi-heures, on peut les trouver par le moyen des Sécantes des Heures, qui ſont en nombre impair; par exemple, la ſécante B 3, portée ſur la ligne Equinoxiale au point 3, donnera d'un côté 4 H. & demie, & de l'autre 10 H. & demie. La ſécante B 9, donne 7 H. & demie & une H. & demie. B 11, donne 8 H. & demie, & 2 H. & demie. B 1, donne 3 H. & demie & 9 H. & demie. B 7, donne 6 H. & demie & 12 H. & demie. Enfin B 5, donne 11 H. & demie & 5 H. & demie.

La diviſion de cette ligne ſert à faire exactement les Cadrans Horiſontaux verticaux, & principalement les Cadrans réguliers ſans centre, comme ſont les Pôlaires, les Orientaux & Occidentaux. Car pour les Equinoxiaux, on ne peut rien ajoûter à la facilité de les conſtruire, puiſque les angles horaires au centre de ces Cadrans, ſont tous égaux.

A l'égard des Horiſontaux, on peut trouver par le calcul de la Trigonométrie les angles que font au centre du Cadran les lignes Horaires avec la Méridienne par cette analogie: Comme le ſinus total eſt au ſinus de l'élévation du Pôle, ainſi la tangente de la diſtance Horaire eſt à la tangente de l'arc Horaire.

Par *diſtance Horaire*, on doit entendre l'angle de quelque ligne Horaire avec la Méridienne au centre d'un Cadran Equinoxial, tels que ſont 15 d. pour une H. & 11 H. 30 d. pour 2 & 10 H., & ainſi des autres, augmentant 15 d. pour chaque Heure, & 7 d. 30 m. pour chaque Demie.

Si donc on propoſe de trouver l'angle Horaire de 1 H. du ſoir ou 11 H. du matin au centre d'un Cadran Horiſontal pour 49 d. de Latitude ou élévation de Pôle, il faut faire une régle de trois, dont le premier terme ſoit le ſinus total 100000, le ſecond ſoit le ſinus de 49 d. qui eſt 75471, & le troiſiéme terme, la tangente de 15 d., qui eſt 26795. La régle étant faite, on trouvera pour quatriéme terme 20222, lequel étant cherché dans les Tables des ſinus, ſous la colonne des tangentes, répond

à 11 d. 26 m. C'eſt pourquoi l'angle propoſé avec la Méridienne eſt de 11 d. 26 m.

On trouvera par ce moyen les angles que ſont avec la Méridienne toutes les autres Heures & Demi-heures au centre du Cadran Horiſontal par autant de régles de trois, dont les premiers termes ſeront toujours les mêmes ; ſçavoir le ſinus total & le ſinus de l'élévation du Pôle. C'eſt pourquoi il n'y aura que le troiſiéme terme à chercher dans les Tables, ſçavoir la tangente de la diſtance Horaire.

On pourra, ſi l'on veut, prendre leurs logarithmes, afin d'éviter la peine de multiplier & diviſer ſuivant la Table page 267.

Cette même régle peut ſervir auſſi pour les Verticaux, qui ne déclinent point en prenant pour ſecond terme le ſinus de complément de l'élévation du Pôle, c'eſt-à-dire, le ſinus de 41 d. qui eſt le complément de celle de Paris, puiſque tout Cadran vertical peut être conſidéré comme un Horiſontal pour un pays où le Pôle ſeroit élevé d'autant de dégrés ſur l'Horiſon.

C'eſt encore la même régle pour les Cadrans inclinés ſans déclinaiſon, en prenant pour ſecond terme de la régle de trois, le ſinus de l'angle que fait l'axe avec la Méridienne au centre du Cadran, comme au Cadran marqué B ſur le Dodécaëdre de la planche 27. Nous avons dit ci-devant qu'étant incliné à l'Horiſon de 63 d. 26 m., il en faut ſouſtraire l'élévation du Pôle du lieu que nous avons ſuppoſée de 49 d.; & par conſéquent il doit être fait comme un Horiſontal pour un pays où le Pôle ſeroit élevé de 14 d. 26 m. Si donc vous voulez calculer ſes angles Horaires, prenez pour ſecond terme de la Régle de trois, le ſinus de 14 d. 26 min.

Table des arcs Horaires avec la Méridienne au centre d'un Cadran Horiſontal.

Latitude	I & XI *heur.*	II & X h.	III & IX	IV & VIII	V & VII
41 dég.	9 d. 58 *min.*	20 45	33 16	48 39	67 47
49	11 26	23 33	37 3	52 35	70 27

A l'égard de la ligne de 6 H. elle fait toujours angle droit avec la Méridienne au centre des Horiſontaux & des Verticaux ſans déclinaiſon.

Tracer par le calcul de la Trigonométrie les principales lignes d'un Cadran Vertical déclinant.

CE calcul ſe fait par le moyen des cinq régles que nous allons expliquer.

I. REGLE.

Connoiſſant la Déclinaiſon du Plan, trouver l'angle de la Souſtylaire avec la Méridienne.

Comme le ſinus total eſt au ſinus de la Déclinaiſon du Plan, ainſi la tangente du complément de la Latitude eſt à la tangente de l'angle de la Souſtylaire avec la Méridienne au centre des Verticaux déclinans.

L'angle de la Souſtylaire avec l'Horiſontale eſt le complément de celui que fait au centre du Cadran la Méridienne avec la Souſtylaire.

L'angle de l'Equinoxiale avec l'Horiſontale eſt égal à celui de la Souſtylaire avec la Méridienne. L'angle de l'Equinoxiale avec la Méridienne eſt ſon complément.

II. REGLE.

Trouver l'angle de l'axe avec la Souſtylaire, que l'on peut auſſi nommer l'élévation particuliére du Pôle ſur le Plan du Vertical.

Comme le ſinus total eſt au ſinus du complément de la hauteur du Pôle ſur l'Horiſon, ainſi le ſinus du complément de la déclinaiſon du Plan, eſt au ſinus de l'angle requis. L'angle de l'axe avec le Style droit eſt le complément dudit angle.

L'angle du rayon de l'Equateur avec le Style droit eſt égal à l'angle de l'axe avec la Souſtylaire. L'angle du rayon de l'Equateur avec la Souſtylaire en eſt le complément.

III. REGLE.

Trouver les dégrés de l'arc de l'Equateur entre la Souſtylaire & la Méridienne dans les Verticaux déclinans; ce qui ſe nomme auſſi la différence entre le Méridien du lieu & le Méridien particulier du Plan, car la Souſtylaire eſt la Méridienne du Plan.

Comme le ſius total eſt au ſinus de la hauteur du Pôle ſur l'Horiſon, ainſi la tangente du complément de la Déclinaiſon du Plan eſt à la tangente du complément de la différence des Méridiens.

IV. REGLE.

Trouver l'angle de la ligne de 6 H. avec l'Horiſontale & enſuite avec la Méridienne au centre.

Comme le ſinus total eſt au ſinus de la Déclinaiſon du Plan, ainſi la tangente de la hauteur du Pôle ſur l'Horiſon eſt à la tangente de l'angle que fait la ligne de 6 H. avec l'Horiſontale.

Le complément de cet angle eſt celui de la ligne de 6 H. avec la Méridienne au centre des Verticaux déclinans.

V. REGLE.

Trouver les angles de toutes les Heures avec la Souſtylaire & enſuite avec la Méridienne au centre des Verticaux déclinans.

Cette propoſition eſt fondée ſur ce principe de Gnomonique, que tout Plan peut être conſidéré comme paralléle à un Horiſon ſur lequel le Pôle ſeroit élévé de même façon. Ainſi les Cadrans qui s'y font, ſe peuvent faire, comme les Horiſontaux, de même élévation, pourvû toutefois qu'on y obſerve les diſtances Horaires convenables de part & d'autre depuis la Souſtylaire.

Mais il faut connoître d'abord l'angle de la Souſtylaire avec la Méri-

dienne par la premiére propoſition, 2°. l'élévation particuliére du Pôle ſur le Plan propoſé par la ſeconde ; 3°. les dégrés de l'arc de l'Equateur entre la Souſtylaire & la Méridienne par la troiſiéme avec la différence ou les dégrés des deux premiéres diſtances depuis le Style, dont l'une eſt entre la Souſtylaire & la Méridienne, & l'autre entre la Souſtylaire & la ligne de 6 H.

REGLE GENERALE.

Comme le ſinus total eſt au ſinus de l'élévation particuliére du Pôle ſur le plan déclinant, ainſi la tangente de la diſtance Horaire, convenable depuis la Souſtylaire, (ſoit la premiére, ſoit les ſuivantes avec elle,) eſt à la tangente de l'angle de l'Heure propoſée avec la Souſtylaire au centre des Verticaux déclinans.

Si la Souſtylaire ſe rencontre juſtement ſur une Demi-heure ou ſur quelque heure complette, les deux premiéres diſtances Horaires ſeront égales chacune de 7 d. 30 m. ou de 15 d. & en ce cas les angles trouvés pour un côté, ſeront les mêmes reſpectivement pour l'autre, comme ſi c'étoit un Cadran régulier, & comme ſi la Souſtylaire étoit la Méridienne.

Application des régles précédentes pour un Vertical déclinant.

XXVIII Planche. Fig. 2.

NOus ſuppoſons que ce Vertical eſt de 45 d. du Midi à l'Occident, & de 49 d. de Latitude. Par la premiére régle on trouvera que l'angle de la Souſtylaire avec la Méridienne au centre du Cadran eſt de 31 d. 35 m.

Par la ſeconde régle, on trouvera que l'angle de l'axe avec la Souſtylaire eſt de 27 d. 38 m.

Par la troiſiéme, que l'arc de l'Equateur entre la Souſtylaire & la Méridienne eſt de 52 d. 58 m. & par conſéquent que la Souſtylaire eſt entre 3 & 4 Heures.

Par la quatriéme, que l'angle de la ligne de 6 H. avec la Méridienne eſt de 50 d. 52 m.

Ayant trouvé que l'arc de l'Equateur entre la Souſtylaire & la Méridienne eſt de 52 d. 58 m. ôtez-en 45 d. qui eſt l'arc de l'Equateur, qui convient à 3 H. il reſtera 7 d. 58 m. pour la diſtance Horaire entre ladite Souſtylaire & la ligne de 3 H. & par conſéquent 7 d. 2 m. entre la Souſtylaire & celle de 4 Heures.

C'eſt pourqui pour trouver les angles que font au centre du Cadran les lignes des Heures avec la Souſtylaire, il faut commencer par une de ces diſtances, en diſant, par exemple : Comme le ſinus total 100000 eſt au ſinus de l'élévation particuliére du Pôle ſur le Plan déclinant, qui eſt en cet exemple de 27 d. 38 m. (dont le ſinus eſt 46381); ainſi la tangente de 7 d. 2 m. (qui eſt 12337) eſt à un 4me nombre, qui ſe trouvera 5722, tangente de 3 d. 16 m. & par conſéquent l'angle de la Souſtylaire avec la ligne de 4 H. eſt de 3 d. 16 m.

Pour avoir l'angle de 5 H. il faut ajoûter 15 d. à la diſtance Horaire de 4 h. & chercher la tangente de 7 d. 2 m., & ainſi de ſuite.

Ce qui étant fait, l'angle de la Souſtylaire avec la ligne de 5 Heures ſera de . . . . . 10 d. 38 m.
Avec la ligne de 6 H. de . . . 19 17
Avec la ligne de 7 H. de . . . 30 44
Avec la ligne de 8 H. du ſoir, de . . 47 35

Mais ſi l'on veut avoir les angles de ces mêmes Heures avec la Méridienne, il faut y ajoûter 31 d. 35 m. & par conſéquent l'angle de la ligne de 4 H. avec la Méridienne, ſera de . . 34 d. 51 m.
De celle de 5 H. 42 13
De celle de 6 H. 50 52
De celle de 7 H. 62 19
De celle de 8 H. 79 10

Ayant fait un pareil calcul pour les Heures qui ſont de l'autre côté de la Souſtylaire, on trouvera que l'angle de cette Souſtylaire avec la ligne de 3 H. ſera de . . . . . 3 d. 45 m.
Avec la ligne de 2 H. . . . 11 7
Avec la ligne d'une Heure . . . 19 54
Avec la ligne de 12 H. . . . 31 35
Avec la ligne de 11 H. . . . 48 54
Avec la ligne de 10 H. . . . 75 7
Avec celle de 9 H. . . . 106 48

De ces derniers angles ſi l'on ſouſtrait 31 d. 35 m. trouvés entre la Souſtylaire & la Méridienne, on connoîtra que l'angle de la ligne de 9 H. avec la Méridienne eſt de . . . . 75 d. 13 m.
Celui de la ligne de 10 H. . . 43 32
Celui de la ligne de 11 H. . . 17 19
Et ainſi des autres.

Lorſque la Déclinaiſon du Plan eſt fort grande, on ne peut commodément y marquer le centre, parce que les lignes Horaires y ſont trop ſerrées; mais en ce cas on a coutume de les tracer entre deux lignes Horiſontales, & les angles des lignes Horaires au-deſſus des Horiſontales ſont les complémens de ceux qu'elles feroient avec la Méridienne au centre du Cadran Vertical.

Méthode pour connoître la Déclinaiſon d'un mur Vertical par le calcul de la Trigonométrie & par quelques points d'ombre obſervés.

COmme la juſteſſe des Cadrans Verticaux dépend principalement de la connoiſſance qu'il faut avoir de la ſituation des murs ſur leſquels on veut les conſtruire à l'égard du Ciel, c'eſt-à-dire, de leur Déclinaiſon, il eſt à propos de chercher à la connoître avec toute l'exactitude poſſible; ce que nous allons faire avant de finir ce chapitre.

Preparations.

Il faut premiérement planter obliquement dans le mur en Y une verge de fer, dont l'extrémité, qui eſt en l'air, ſoit pointue & aſſez éloignée dudit mur, comme eſt la verge courbée Y I, dont la pointe ou extrémité pointue eſt I.

Secondement, il faut marquer le pied H du Style, qui eſt un point de la ſurface du Cadran, où elle eſt rencontrée par la perpendiculaire, menée de l'extrémité I du Style, & tracer la verticale H F, qui paſſe par ce pied, & qui repréſente le Vertical perpendiculaire au Plan du Cadran; il faut auſſi tracer la ligne Horiſontale D C, qui coupe à angles droits cette verticale au pied H du Style.

Vous meſurerez enſuite exactement la longueur du Style droit H I ou H F ſon égale, c'eſt-à-dire, la diſtance du pied du Style à ſa pointe, qui eſt en l'air, avec une échelle de parties égales mais fort petites, comme des lignes de pied de Roi.

Ayant marqué ſur le mur pluſieurs points d'ombre en un beau jour, comme les points 2, 3, 4, on meſurera avec la même échelle la diſtance de chaque point d'ombre à la ligne Horiſontale, comme ici la diſtance du point d'ombre 2, au point Z ſur l'Horiſontale; & de même la diſtance du même point 2 à la verticale X H, qui paſſe par le pied du Style, comme ici du point 2 au point X, c'eſt-à-dire, on meſurera l'intervalle Z H depuis le pied du Style juſqu'au point où la verticale menée par le point d'ombre obſervé, rencontre l'Horiſontale, comme ici au point Z; on écrit les nombres qui expriment ces diſtances avec ordre ſur un mémoire, pour en faire les analogies ſuivantes.

Pour marquer ces points d'ombre avec préciſion & juſteſſe, ou ſe ſervira de la méthode ſuivante, que nous tenons de Mr de la Hire. On attache vers la pointe du Style une petite platine de fer-blanc, ou de quelque autre métail très-mince: Cette platine eſt percée d'un très-petit trou, en ſorte que le centre de ce petit trou convienne exactement à la pointe du Style, & que la platine ſoit expoſée directement au Soleil; on verra ſur la ſurface du Cadran un petit ovale de lumiére qui paroîtra dans l'ombre de la Platine. Cette obſervation ſe fait en traçant promptement un trait léger autour de cet ovale de lumiére, qui change continuellement de place; le centre de cet ovale ſe peut prendre pour la véritable ombre de la pointe du Style.

Ayant ainſi marqué pluſieurs points d'ombre, il faut trouver par le calcul l'amplitude & la hauteur du Soleil qui conviennent à chacun, & les cotter ſur le mémoire.

On appelle ici *amplitude* l'angle que la Hauteur du Style fait avec la ligne tirée de chaque point d'ombre à la ligne Horiſontale; chacune de ces lignes repréſente ſur le mur le vertical du Soleil au tems de l'obſervation; cette amplitude eſt marquée dans ladite figure par l'angle H F Z, & c'eſt l'amplitude qui convient au point 2.

Pour avoir cet angle, on dira: Comme la hauteur du Style eſt à la diſtance du point d'ombre à la ligne verticale du Cadran; ainſi le rayon eſt à la tangente. On fera cette analogie pour chaque point d'ombre, & l'on aura les amplitudes dont on fera une colonne.

Enſuite pour trouver la Hauteur du Soleil ſur l'Horiſon, il faut prendre le complément de l'amplitude & la diſtance de chaque point d'ombre à la ligne Horiſontale, & dire: Comme la hauteur du Style eſt au ſinus du complément de l'amplitude; ainſi la diſtance du point d'ombre à la ligne Horiſontale, eſt à la tangente de la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon.

Ayant

Ayant trouvé l'élévation du Soleil pour chaque point d'ombre, on en fera une colonne.

Si le point d'ombre observé se rencontre sur la verticale, qui passe par le pied du Style, il n'y aura point d'amplitude, & l'on aura par une seule régle la hauteur du Soleil, en disant : Comme la hauteur du Style est à la distance du point d'ombre au pied du Style ; ainsi le rayon est à la tangente de la hauteur du Soleil.

Après quoi il faut trouver la distance de chaque vertical ou azimuth observé au Méridien ; & pour y parvenir il faut avoir la Déclinaison du Soleil pour le tems auquel on a pris les points d'ombre : si c'est pendant les Solstices, la même déclinaison servira pour tous les points d'ombre observés dans un même jour ; mais dans le tems des Equinoxes, il faut avoir la Déclinaison du Soleil pour l'Heure, où l'on a observé chaque point d'ombre en prenant les parties proportionnelles, comme il est expliqué dans le Livre de la *Connoissance des Tems*.

Ayant la déclinaison du Soleil, on en prendra le complément, s'il est dans les signes Septentrionaux, ou bien l'on ajoûtera sa déclinaison à 90 d. s'il est dans les Méridionaux ; & l'on prendra cette somme, comme aussi le complément de la hauteur du Pôle, & le complément de la hauteur du Soleil.

On ajoûte ensemble ces trois choses, du produit desquelles on prend la moitié ; de cette moitié on ôte le complément de la hauteur du Soleil, pour avoir la premiére différence ; on ôte encore de cette même moitié le complément de l'élévation du Pôle, pour avoir une seconde différence, & l'on en forme les deux analogies suivantes : Comme le sinus de complément de l'élévation du Pôle est au sinus de la premiére différence ; ainsi le sinus de la deuxiéme différence est à un quatriéme sinus. Comme le sinus de complément de la hauteur du Soleil est au sinus total, ainsi le quatriéme sinus trouvé ci-devant, est à un autre sinus, qu'il faut multiplier par le sinus total, & du produit prendre la racine quarrée, laquelle sera le sinus de la moitié de la distance du point d'ombre observé, ou de son vertical à la Méridienne ou ligne de 12 Heures.

Ayant donc cherché ce sinus dans les Tables, & ayant trouvé les dégrés & minutes auxquels il répond, il faut doubler ces dégrés & minutes pour avoir la distance au Méridien.

Enfin pour avoir la déclinaison du mur, qui est ici marquée par l'angle HFE, il y a cinq cas que nous allons expliquer par la susdite figure, qui représente un vertical déclinant du Midi à l'Occident.

1°. Si le point d'ombre est entre le vertical du Cadran, qui passe par le pied du Style & la ligne de 12 H. comme est ici le point 2, que nous supposons avoir été observé quelque tems après Midi, il faut ajoûter l'amplitude à la distance du vertical au Méridien.

2°. Si le point d'ombre est au-delà du vertical qui passe par le pied du Style, comme est ici le point 3, il faut soustraire l'amplitude de la distance au Méridien pour avoir la déclinaison.

3°. Si le point d'ombre observé se trouve précisément sur le vertical, qui passe par le pied du Style, il n'y a point d'amplitude, & sa distance au Méridien sera la déclinaison du mur.

4°. Si le point d'ombre est au-delà du Méridien, comme est ici le point 4.

que nous ſuppoſons avoir été obſervé avant Midi, l'amplitude ſera plus grande que la déclinaiſon, & pour l'avoir il faudroit ſouſtraire la diſtance au Méridien de l'amplitude.

En cinquiéme & dernier lieu, ſi le point d'ombre étoit obſervé préciſément à l'Heure de Midi, la déclinaiſon du mur ſeroit égale à l'amplitude; & comme nous ſuppoſons que l'on connoît la déclinaiſon du Soleil & la hauteur du Pôle du lieu, il ſera facile de connoître ſi la hauteur du Soleil obſervée eſt la plus grande du jour, c'eſt-à-dire, ſi elle eſt la hauteur Méridienne.

Ce que nous venons de dire peut s'appliquer ſans peine à toute ſorte de déclinaiſon, ſoit vers l'Orient, ſoit vers l'Occident, en obſervant que la ligne de minuit tient lieu de celle de Midi pour les murs qui déclinent du Septentrion à l'Orient ou à l'Occident.

Un exemple éclaircira ce que nous venons de dire : Suppoſons pour cet effet que dans un lieu où le Pôle Septentrional eſt élevé de 48 d. 50 m. nous ayons obſervé un point d'ombre ſur un mur bien vertical aux environs du Solſtice d'Eſté, ſoit la hauteur du Style de 300 parties égales; & la diſtance du point d'ombre au vertical, qui paſſe par le pied du Style, de 200 des mêmes parties.

Opération par les Logarithmes.

Logarithme de 100	20000000
Logarithme ſinus total	100000000
Somme	120000000
Logarithme de 300	24771212
Reſte	95228788

Ce nombre reſtant eſt Logarithme (tangente de 18 d. 26 m. pour l'amplitude du point obſervé, & ſon complément 71 d. 34 m.

Enſuite pour trouver la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon, il faut ſuppoſer la diſtance du point d'ombre obſervé à la ligne horiſontale, de 600 des mêmes parties.

Logarithme ſinus de 71 d. 34 m. . . .	99771253
Logarithme de 600	27781512
Somme	127552765
Logarithme de 300	24771212
Reſte	102781553

Ce nombre reſtant eſt logarithme (tangente de 62 d. 13 m.) pour la hauteur du Soleil.

Suppoſant donc la hauteur du Pôle .	48 d. 50 m.
La déclinaiſon Septentrionale du Soleil	23 15
La hauteur du Soleil obſervée. . . .	62 13

Opération pour trouver la distance au Méridien.

Complément de l'élévation du Pôle		41 d.	10 m.
Complément de la déclinaison du Soleil		66	45
Complément de la hauteur du Soleil		27	47
Somme		135	42
Moitié de ladite somme		67	51
Ostant le complément de l'élévation du Pôle		41	10
Première différence		26	41
Ostant encore de		67 d.	51
Le complément de la hauteur du Soleil		27	47
Seconde différence.		40	4

PREMIE'RE ANALOGIE.

Log. sinus de la première différence	26 d.	41 m.	96523035
Log. sinus de la seconde différence	40	4	98086690
Somme			194609725
Oster le logarithme sinus de	41 d.	10 m.	98183919
Quatriéme sinus restant			96425806

SECONDE ANALOGIE.

Logarithme sinus total			100000000
Quatriéme sinus			96425806
Somme			196425806
Oster le logarithme sinus de	27 d.	47 m.	96685064
Sinus restant			99740742
A multiplier par le sinus total			100000000
			199740742
Moitié dudit nombre pour racine quarrée			99870371

Ce dernier nombre répond au sinus logarithme de 76 d. 4 m. lequel étant doublé fait 152 d. 8 m. mais parce que cet angle est obtus il faut le soustraire de 180, le reste 27 d. 52 m. est la distance du vertical observé au Méridien ; & comme le point d'ombre 2, pour lequel a été fait ce calcul, est entre le vertical qui passe par le pied du Style & la ligne de 12 H. il faut ajoûter la susdite distance à l'amplitude calculée 18 d. 26 m. pour avoir la déclinaison 46 d. 18 m.

Par un seul point d'ombre observé bien exactement, on peut trouver la déclinaison d'un mur ; mais il est mieux d'en observer plusieurs soit en un même jour, soit en différens tems, afin qu'ayant calculé autant de fois la déclinaison, qu'il y a de points d'ombre observés, on puisse prendre la

partie proportionnelle des différences, qui ne doivent pas néanmoins être considérables quand on fait les opérations exactes. Ainsi quand on a marqué, par exemple, six points d'ombre, on prend la sixiéme partie de la somme des six différentes déclinaisons qui ont été trouvées, pour en conclure la véritable déclinaison du mur.

Méthode de Mr de la Hire.

XXVIII Planche. Fig. 9. LA méthode proposée par cet Académicien est universelle pour faire les Cadrans Solaires de toute sorte de surface sans s'embarasser d'en connoître la Déclinaison, l'Inclinaison, ni la hauteur du Pôle. Soit le Style A S posé sur un Plan, dont le point S soit en l'air; & soit P le point d'incidence. On suppose ici que le Plan est vertical, & par conséquent paralléle à une ligne qui tomberoit à plomb du bout du Style S.

Ayant marqué sur ce Plan deux points d'ombre D & E, les plus éloignés l'un de l'autre qu'il sera possible & si vous souhaitez, en différens jours, vous tracerez par la méthode suivante deux lignes courbes F G, I H; la ligne R T, qui touchera ces courbes, sera la ligne Equinoxiale; la ligne P V, qui venant du point P, est perpendiculaire à R T, sera la Soustylaire ou la Méridienne du Plan. Cela fait, il sera facile d'achever le Cadran par les régles générales précédentes, & par le centre diviseur de la ligne Equinoxiale.

On sçait que la ligne tirée perpendiculairement au rayon de l'Equinoxiale par le sommet du Style droit élevé sur la Soustylaire, donne le centre du Cadran au point de son intersection avec la Soustylaire, & que cette ligne est l'axe du Cadran.

On sçait encore que l'intersection de la ligne Horisontale avec l'Equinoxiale donne le point de 6 H. Par conséquent dans la division qu'on fera des Heures sur la ligne Equinoxiale tracée, il faudra commencer le point de 6 H. comme on vient de dire, & suivre comme on a coutume de faire dans les autres Cadrans, où l'on employe cette ligne Equinoxiale pour y tracer les Heures.

Que si ce Plan n'est pas paralléle à une ligne à plomb, faites pendre un plomb du bout du Style S, & couchez une Equerre au point S, dont une branche tombera sur la ligne à plomb, l'autre branche ira marquer sur le Plan un point, par lequel passera sur ce même Plan une ligne de niveau, qui sera la ligne Horisontale, laquelle sera tantôt au-dessus du pied du Style & tantôt au-dessous, selon que le Plan sera incliné ou déclinant de l'Horison.

D'où il s'ensuit que la ligne de Midi n'est pas à plomb, quand le Plan n'est absolument point Vertical.

Pour tracer les lignes courbes.

Fig. 9. & 10. SOit fait sur un Plan l'angle *d s g* égal à l'angle de la Déclinaison du Soleil au tems où l'on a marqué le point d'ombre D; du point d'ombre D pour centre ayant décrit sur le Plan le cercle L M, & tiré les rayons D L, D M; ayant fait *s d* égal à S D. Du point *d*, comme centre, soit décrit le cercle *l m* égal au cercle L M; & ayant transporté la gran-

deur S L en *s l*, où elle rencontrera le cercle *l m* en *l*, soit menée *d l* prolongée ou non, qui rencontrera *s g* en *g*, & soit transporté *d g* en D G sur le Cadran : De même soit pris *s m* d'autant de rayons qu'on voudra, pour y avoir la courbe plus juste sur chaque point. On en fera autant autour du point E. Si l'on a tiré beaucoup de rayons, on décrira plus justement les courbes. Si l'opération est faite après les Equinoxes, c'est-à-dire, vers le Solstice d'Esté, les points d'ombre observés seront au-dessous de l'Equinoxiale dans un plan Vertical, & au-dessus dans un plan Horisontal ou Septentrional.

Remarquez qu'il faut un Style courbe pour bien en prendre le point d'incidence, & que pour le plus sûr il faut faire des cercles entiers autour des points d'ombre, pour ne se pas tromper ; parce que si le Soleil est dans les signes Septentrionaux, & que le plan soit déclinant du Midi, il faut faire l'opération vers le haut ; attendu que, (comme nous l'avons dit) l'Equinoxiale est au-dessus des points d'ombre. Mais c'est tout le contraire, si c'est un plan Horisontal ou Septentrional, ou s'il n'est pas incliné plus de la hauteur du Pôle.

Pour faire l'angle de déclinaison du Soleil convenable aux jours auxquels on a observé le point d'ombre, servez-vous des Tables que nous avons données (Livre VII. pag. 257, 258, 259 & 260,) & choisissez celle qui convient à l'année en laquelle vous opérez.

Il n'arrive que trop souvent que la disposition des lieux, ou la trop grande déclinaison ne permettent pas de se servir du centre du Cadran, pour en tracer les Heures : auquel cas il faut avoir recours à la méthode suivante, qui consiste à tracer par un seul point de chaque ligne des lignes aboutissantes à un point commun avec deux autres lignes déja données. Ainsi l'on tirera des seules lignes soustylaire & de l'axe données, sans avoir besoin de leur intersection, les lignes Horaires d'un Cadran, si l'on a les points des Heures marqués sur l'Equinoxiale en cette sorte.

Soit la ligne Soustylaire tracée *a b*, & la ligne de l'axe aussi tracée *c d* aboutissantes toutes deux au même point, c'est-à-dire, au centre du Cadran qu'on veut tracer. Tirez vers le centre une troisiéme ligne du point donné *h*, qui sera la perpendiculaire ou traversante *e f*, puis la paralléle *g h* par le point donné *h*. Du point *m* nous tirons la ligne *m n* ; du point *a* à volonté nous tirons *a o* paralléle à *m n* ; ensuite dudit point *m* nous tirons *m h* ; du point *a* nous tirons encore une paralléle à *m h*, qui nous donne sur la ligne *e f* le point *p*, par lequel & le point *h* donné, nous tirons la ligne demandée, qui aboutira au centre du Cadran. Fig. 1 n.

Cette méthode est très-utile, non seulement dans la Gnomonique, mais encore dans la Géometrie. Car s'il s'agissoit de tirer à travers un bois une allée qui aboutît d'un point à un autre qu'on ne verroit pas, comme si le centre d'un Cadran étoit le Clocher d'un village, & le point *h* un Château, duquel on voudroit tirer droit au Clocher une route à travers le bois ; il suffiroit de tirer dans la campagne voisine deux lignes aboutissantes au Clocher. On pourroit encore tracer la route à travers le bois, sans en couper trop.

On est quelquefois assez embaraſſé à tracer toutes les Heures sur la ligne Equinoxiale, parce que les intersections trop éloignées ne peuvent se trouver sur la surface du Cadran ; il faut alors pratiquer ce que nous

avons dit au commencement de ce chapitre sur la *construction des Cadrans déclinans*, vers le milieu de la Section.

CHAPITRE II.

Construction du Déclinatoire & Inclinatoire.

XXIX *Planche.* Fig. 1. CEt Instrument est fait d'une plaque de cuivre ou de bois sec, bien unie, de figure rectangle, d'environ un pied de long, & de 7 à 8 pouces de large. On trace bien parallélement à un de ses longs côtés, comme A B, le Diamétre d'un Demi-cercle, que l'on divise en deux quarts, de 90 d. chacun, lesquels on subdivise quelquefois en demi-dégrés. La division doit commencer du point H, comme on le voit par la figure de l'Instrument. On y ajoûte une alidade marquée I, qui par le moyen d'un clou à tête tourne autour du centre G. On attache avec des vis à la ligne de foi de l'alidade, une Bousole, dont le Nord est tourné vers le centre G, & même quelquefois un petit Cadran Horisontal, dont la ligne de 12 H. est pareillement tournée vers le centre G.

Usage du Déclinatoire.

CEt Instrument est propre à connoître la Déclinaison des Plans. Or un *Plan* est dit *déclinant* lorsqu'il n'est pas tourné directement vers une des quatre parties Cardinales du monde, qui sont le Septentrion, le Midi, l'Orient & l'Occident.

La déclinaison se mesure par l'arc de l'Horison compris entre le premier Vertical & le Vertical paralléle au Plan, s'il est vertical, c'est-à-dire, perpendiculaire à l'Horison. Car si le Plan est incliné, il ne peut être paralléle à aucun Vertical, si ce n'est par sa base; & pour lors l'arc de l'Horison compris entre le premier Vertical & celui qui est paralléle à la base du Plan incliné, est la mesure de sa Déclinaison; ou bien l'arc de l'Horison, compris entre le Méridien du lieu & le Vertical perpendiculaire au Plan. Ces deux arcs étant égaux sont également la mesure de la Déclinaison du Plan.

Il n'y a que les Plans verticaux ou inclinés, qui puissent être déclinans; car pour les Horisontaux ils ne peuvent décliner, parce que leur face supérieure regarde directement le Zénith, & ainsi ces plans sont tournés indifféremment vers les quatre parties cardinales du Monde.

Pour connoître la déclinaison d'un Plan soit vertical soit incliné, tracez-y une ligne de niveau, c'est-à-dire, paralléle à l'Horison; appliquez le long de cette ligne le côté A B de l'Instrument, & tournez l'alidade avec la Bousole, jusqu'à ce que l'aiguille aimantée s'arrête justement sur sa ligne de déclinaison, qui doit être marquée au fond de la Bousole. Cela étant, le nombre des dégrés coupés par la ligne de foi de l'alidade marquera la Déclinaison du Plan vers la partie du monde, indiquée par l'écriture gravée sur le Déclinatoire. Si, par exemple, l'alidade se trouve ar-

Cadran Occidental pour 49 degrez. Fig. 1e

Fig. 2e. Cadran Vertical declinant du Midy à l'Occident de 45. d.

Fig 3e

Cadran declin.t du Septent. à l'Occident de 45. deg

Fig 4e. Cadran inclinez à l'horizon de 63. deg.

Cadran inclinez à l'horizon de 63. d. Inf.r vers Sept.

Fig. 5e

Nadir fig. 10. qui appartient à la figure cy dessous

Fig. 6e

fig. 11

fig. 9.

Cadran declinant de 36. degrez et incliné vers la Terre de 63. deg 26 m.

Fig. 7e

Fig. 8e

Construction du Cadran declinant de 36. degrez du Midy à l'Orient et incliné vers la terre de 63. d. 26. m.

Cadran declinant de 72. deg. du Midy et inclinevers le ciel de 63. d. 26. m.

rêté entre H & B, sur le 45me d. & si le bout de l'aiguille, qui marque le Nord ou le Septentrion, est directement sur le point S de sa ligne de déclinaison, le plan décline de 45 d. du Midi à l'Occident; mais si dans cette même situation du Déclinatoire le bout opposé de l'aiguille, qui marque le Midi, étoit arrêté sur le point S de ladite ligne de déclinaison, le Plan observé déclineroit de 45 d. du Septentrion à l'Orient.

Si l'alidade se trouve entre A & H, & le Nord de l'aiguille sur le point S, la Déclinaison du Plan sera du Midi à l'Orient; mais si dans cette situation de l'alidade le Midi de l'aiguille est arrêté sur ledit point S, le Plan déclinera du Septentrion à l'Occident.

Si le lieu où l'on fait l'observation étoit éclairé du Soleil, & qu'on fût assûré de l'Heure présente par quelque bon Cadran ou autre moyen sûr, on pourroit trouver la déclinaison du mur ou plan proposé par le moyen du petit Cadran Horisontal attaché à l'alidade, laquelle on feroit tourner jusqu'à ce que le Style de ce Cadran marquât l'Heure juste, & pour lors les dégrés du Quart-de cercle, qui seroit à l'intersection de la ligne de foi de l'alidade, feroient connoître la déclinaison; & par ce moyen l'on éviteroit les erreurs que peut causer la Boussole tant par la variation de l'aimant que par l'approche du fer qui peut être caché dans les murs.

Lorsqu'un mur est éclairé du Soleil, on peut trouver la Soustylaire ou Méridienne propre par le moyen de deux points d'ombre observés de la maniére que nous avons dit, & ensuite sa déclinaison; ou bien l'on peut tracer une ligne Méridienne sur un plan Horisontal proche dudit mur, laquelle étant prolongée jusqu'à sa rencontre, servira à connoître sa déclinaison, comme aussi la variation de l'aiguille aimantée en la maniére qui suit.

Ayant tracé un cercle sur un Plan de niveau, (comme il est représenté Fig. M.) plantez un Style courbé en quelqu'endroit, comme en A, hors du centre du cercle. Il suffit que son extrémité pointue réponde justement à ce centre: ce qu'il sera facile de faire par le moyen d'une Equerre. Alors le centre du cercle étant libre & dégagé, on tirera la Méridienne, qui doit passer par ce centre, plus commodément que si le Style y étoit placé. Avant de tracer ce cercle, il est à propos de voir la longueur de l'ombre de votre Style, afin de faire passer la circonférence de ce cercle par le premier point d'ombre quelques Heures avant Midi. Lorsque l'ombre de l'extrémité du Style touchera la circonférence du cercle, marquez-y un point comme G, l'ombre se racourcira jusqu'à Midi, & ensuite se rallongera quelques heures après. Lorsqu'elle touchera encore une fois la circonférence du même cercle, marquez-y un second point comme F; divisez ensuite l'arc F G en deux parties égales, & par son milieu C & par le centre tirez le diamétre B C, & il formera la Méridienne. Fig. M.

Si cette opération se faisoit au tems des Equinoxes, il ne seroit pas besoin de tracer de cercle, car tous les points d'ombre seroient en ligne droite, comme E D, qui seroit la commune section de l'Equateur & du Plan: & toute ligne la coupant à angles droits, comme B C, seroit la Méridienne du Plan Horisontal. Fig. N.

En tout autre tems que celui des Equinoxes, l'ombre de la pointe du Style décrit une courbe, comme G H F (*Fig.* M.)

Ayant donc une Méridienne tracée, si l'on y applique un Cadran Ho-

risontal, dont le Midi soit tourné vers B, qui représente le Nord, on connoîtra l'heure présente, & l'on tournera en même tems l'alidade, en sorte que le petit Cadran, qui y est attaché, marque la même heure; & pour lors les dégrés de la circonférence du Déclinatoire coupés par l'alidade feront connoître la déclinaison du mur ou du plan.

Ou bien si l'on prolonge cette Méridienne jusqu'à la rencontre du Plan déclinant, elle fera deux angles inégaux avec la ligne Horisontale que l'on y aura tracée, l'un aigu & l'autre obtus, que l'on mesurera le plus juste qu'il sera possible; & la différence de l'un ou l'autre de ces deux angles à l'angle droit, sera la déclinaison du Plan. Si l'angle aigu étoit, par exemple, de 50 d., & l'obtus par conséquent de 130, leur différence à l'angle droit, seroit de 40 d. pour ladite déclinaison.

Pour observer la variation de l'aiguille aimantée, appliquez un des côtés de la plaque quarrée de la Boussole au long de la ligne Méridienne tracée sur le Plan; lorsque l'aiguille sera arrêtée, remarquez de combien de dégrés sa pointe qui marque le Nord sera éloignée de la fleur-de-lis, qui est à la Boussole; & par ce moyen vous connoîtrez la variation ou déclinaison de l'aimant, mais ce ne sera pas pour long-tems, car elle est sujette à changer. Quand on prend la déclinaison des Plans avec la Boussole, il faut avoir égard à la variation de l'aiguille aimantée, en la laissant arrêter sur une ligne qui marque sa variation, & que l'on trace ordinairement au fond de la boëte de la Boussole. Nous avons traité cette matiére fort au long pages 257, & suivantes.

Usage de l'Inclinatoire.

LE même Instrument, qui sert à prendre la Déclinaison des Plans, sert aussi à prendre leur Inclinaison, c'est-à-dire, l'angle que fait le Plan avec l'Horison: & pour cet effet il y a un petit trou au centre G, où l'on passe une soie, au bout de laquelle il y a un plomb.

Fig. 2. La figure 2 fait connoître la maniére de prendre la Déclinaison & l'Inclinaison des Plans.

Le Plan A, où est appliqué le Déclinatoire, est un Plan Vertical Méridional sans Déclinaison.

Le Plan B décline du Midi à l'Occident de 45 d.

Le Plan C est un Occidental tourné directement au couchant.

Le Plan D est un Déclinant du Septentrion à l'Occident de 45 d.

Les autres déclinaisons plus ou moins grandes se prennent de la même maniére en approchant du mur le côté A B du Déclinatoire, en sorte que le Plan du Demi-cercle soit paralléle à l'Horison.

Maniére de prendre l'Inclinaison des Plans.

POur mesurer l'angle d'Inclinaison, il faut approcher du mur quelqu'un des autres côtés du même Instrument & tenir le Plan du Demi-cercle perpendiculaire à l'Horison, afin que la soie du plomb suspendue au centre, rasant la circonférence y marque les dégrés dudit angle.

Si l'on applique le côté C D, par exemple, sur le Plan E, & que la soie tombe le long de la ligne G H, c'est une marque que ce Plan est paralléle à l'Horison.

Appliquant

Appliquant le côté C A de l'Inſtrument ſur le Plan F, ſi le plomb tombe, comme la figure le marque, c'eſt une preuve que ce Plan eſt incliné de 45 d. vers le ciel.

Le même Inſtrument appliqué au Plan G, ſi le plomb tombe le long du diamétre, ce Plan eſt vertical.

Enfin le côté A C étant appliqué ſur le Plan H, & la ſoie du plomb, tombant comme la figure le montre, marque ſon Inclinaiſon de 45 d. vers la terre.

CHAPITRE III.

Conſtruction & uſages des Inſtrumens propres à marquer les Arcs des ſignes, les arcs diurnes, les heures Babyloniques, les heures Italiques & les Almucantaras avec les Méridiens des principales Villes.

IL s'agit préſentement de marquer ſur les Cadrans certaines lignes que l'ombre de l'extrémité du Style parcourra, lorſque le Soleil entrera dans chacun des douze ſignes du Zodiaque.

Du Trigone des ſignes.

ON fait ce Triangle ou Trigone de ſignes de cuivre ou de quelqu'autre matiére ſolide, grand à diſcrétion. Pour le conſtruire tirez premiérement la ligne *a b*, qui repréſente l'axe du monde, & *a c* perpendiculaire à l'axe, pour repréſenter le rayon de l'Equateur. Du point *a*, comme centre, tracez à diſcretion l'arc *d c e*. Du point *c* comptez de part & d'autre 23 d. & demi pour la plus grande déclinaiſon du Soleil & tirez les lignes *a d*, *a e* pour les deux Tropiques, l'un d'Eſté & l'autre d'Hiver. Tirez auſſi la ligne *d e*, laquelle ſera diviſée en deux également par le rayon de l'Equateur au point *o*, duquel, comme centre, tracez un cercle dont la circonférence doit paſſer par les points des Tropiques *d* & *e*; diviſez cette circonférence en 12 parties égales, en commençant du point *d*; par chaque point de diviſion, également éloignés des points *d* & *e*, tirez des lignes occultes paralléles au rayon de l'Equateur, qui marqueront ſur l'arc *d c e* des points, par leſquels & du centre *a* vous tirerez des lignes qui repréſenteront les commencemens des ſignes du Zodiaque, diſtans les uns des autres de 30 d. Pour les diviſer de 10 en 10 d. il faut diviſer la circonférence du cercle en 36 parties égales, & en 72 pour avoir cette diviſion de 5 en 5 d. On marque les caractéres des ſignes ſur chaque ligne. Quand le Trigone eſt diviſé de 10 en 10 d. ou de 5 en 5, à l'endroit de chaque premiére dixaine des ſignes, on met la lettre du mois qui lui convient. Fig. 5.

On peut encore faire ce Trigone plus promtement, par le moyen de la Table des déclinaiſons du Soleil marquées ci-après; car ayant tracé les deux lignes *a b*, *a c* à angles droits, mettez le centre d'un Rapporteur au point A, ſon angle de 90 d. vers le point *c*; & le tenant ainſi fixément, comptez de part & d'autre du rayon *a c*, 23 d. 30 m. pour les Tropiques

de *Cancer* & de *Capricornus* 20 d. 12 m. pour les commencemens des ſignes de *Leo*, *Gemini*, *Sagittarius* & *Aquarius* & 11 d. 30 m. pour *Taurus*, *Virgo*, *Scorpio* & *Piſces*. On diviſera de même chaque eſpace des ſignes de 10 en 10 d. ou de 5 en 5, par les déclinaiſons marquées dans la Table ci-après. Les points équinoxiaux d'*Aries* & *Libra* ſe placent au bout du rayon de l'Equateur *a c*.

Table des Déclinaiſons du Soleil en tous les dégrés de l'Ecliptique.

Dégrés de l'Eclipt.	Signes. ♈ D.	M.	♎	Signes. ♉ D.	M.	♍	Signes. ♊ D.	M.	♏	Dégrés.
1	0	24		11	51		20	25		29
2	0	48		12	12		20	36		28
3	1	12		12	32		20	48		27
4	1	36		12	53		21	0		26
5	2	0		13	13		21	11		25
6	2	23		13	33		21	21		24
7	2	47		13	53		21	32		23
8	3	11		14	12		21	42		22
9	3	35		14	32		21	51		21
10	3	58		14	51		22	0		20
11	4	22		15	9		22	8		19
12	4	45		15	28		22	17		18
13	5	9		15	47		22	24		17
14	5	32		16	5		22	32		16
15	5	55		16	22		22	39		15
16	6	19		16	40		22	46		14
17	6	42		16	57		22	52		13
18	7	5		17	14		22	57		12
19	7	28		17	30		23	2		11
20	7	50		17	47		23	7		10
21	8	13		18	3		23	11		9
22	8	35		18	16		23	15		8
23	8	58		18	34		23	18		7
24	9	20		18	49		23	21		6
25	9	42		19	3		23	24		5
26	10	4		19	18		23	26		4
27	10	26		19	32		23	27		3
28	10	47		19	46		23	28		2
29	11	9		19	59		23	29		1
30	11	30		20	12		23	30		0
	♓		♍	♒		♌	♑		♋	

Quantiéme des ſignes.

Quantiéme des ſignes.

Par la *déclinaiſon du Soleil* en chaque dégré de l'Ecliptique on doit entendre les dégrés & minutes de diſtance dont le Soleil eſt éloigné de l'Equateur en chaque jour de l'année. De même que par la *déclinaiſon des arcs des Signes*, on entend la déclinaiſon du Soleil qui entre dans chaque ſigne du Zodiaque.

Ainſi par le moyen de cette Table des Déclinaiſons on connoît par tout & à chaque jour combien le Soleil à Midi décline & s'éloigne des Equinoxes en chaque dégré des ſignes du Zodiaque, la plus grande étant ſuppoſée 23 d. 30 m. bien qu'à préſent elle ne ſoit que d'environ 23 d. 29 m.; mais une minute de différence eſt peu conſidérable dans l'uſage des Cadrans. Les dégrés qui vont en croiſſant de haut en bas dans la premiére colonne vers la gauche ſont pour les ſignes marqués au-deſſus; & les dégrés qui vont en décroiſſant de haut en bas dans la derniére colonne vers la droite, ſont pour les ſignes marqués en deſſous.

Du Trigône des Arcs diurnes & nocturnes.

COmme par la déclinaiſon des arcs des ſignes on entend la déclinaiſon du Soleil entrant dans chaque ſigne du Zodiaque; de même par la *declinaiſon des arcs diurnes* il faut entendre la déclinaiſon du Soleil en certains dégrés de l'Ecliptique, où il ſe trouve aux jours qui contiennent un certain nombre d'heures complettes, comme 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, &c. Le Trigône des ſignes eſt toujours le même pour toutes les élévations du Pôle, ainſi que la déclinaiſon des arcs de ces ſignes, qui eſt par tout la même, parce que les arcs de déclinaiſon deſdits ſignes commencent & finiſſent en mêmes dégrés de l'Ecliptique & en mêmes jours; mais le Trigône des arcs diurnes varie, comme leur déclinaiſon, ſelon chaque élévation particuliére du Pôle, & ſelon la diverſité des Latitudes des pays & des plus longs ou plus courts jours de l'année, d'autant qu'ils ne commencent & ne finiſſent pas toujours par-tout en mêmes jours.

Ces arcs ſe tracent ſur les Cadrans par des lignes courbes comme les arcs des ſignes. On en met autant qu'il y a d'heures de différence entre le plus court & le plus long jour de l'année.

Les *rayons de ces arcs diurnes* ſont des lignes droites, tirées du centre de la terre ou du bout du Style qui le repréſente aux circonférence des arcs diurnes, qui ſont des cercles paralléles à l'Equateur, comme les arcs des ſignes. Ainſi ces arcs diurnes ne ſont que les mêmes cercles des dégrés de l'Ecliptique auſquels le Soleil ſe trouve en certains jours, qui (comme nous l'avons déja dit) contiennent un certain nombre d'heures, de maniére que quand le Soleil eſt en l'un de ces paralléles & éloigné de l'Equateur, le jour eſt plus court ou plus long d'une heure, que lorſqu'il eſt au paralléle précédent ou au ſuivant.

Pour conſtruire le triangle ou ſecteur des arcs diurnes, tirez premiérement ſur une plaque de cuivre, ou de quelqu'autre matiére ſolide la ligne droite R Z, qui eſt le rayon de 12 h. ou de l'Equateur; du point R, comme centre & d'une ouverture de compas à volonté décrivez l'arc de cercle T S V; portez de S en V un arc égal à celui de l'élévation de l'Equateur, ou ce qui eſt le même, du complément de l'élévation du Pôle, XXIX. *Planche.* Fig. 4.

comme ſi le Pôle eſt élevé de 49 d. faites l'arc S V de 41 d. auſſi-bien que l'arc S T ; tirez enſuite la droite T X V, & du point X, comme centre, décrivez la circonférence de cercle T Z V Y, que vous diviſerez en 48 parties égales par leſquelles vous tirerez des lignes ponctuées paralléles au rayon de l'Equateur R Z, & ces lignes couperont le diamétre T X V en 24 parties inégales, par où & par le point R vous tirerez les rayons des jours juſqu'à la circonférence T S V, qu'ils diviſeront en arcs, qui ſeront ceux de leur déclinaiſon comptée à droite & à gauche du point S.

Comme le plus long jour à Paris eſt de 16 h. & le plus court de 8, il ſera néceſſaire de ne marquer que quatre rayons d'un côté de la ligne R Z, & autant de l'autre.

On peut encore trouver par la Trigonométrie les angles que font au centre R tous les rayons, en faiſant cette analogie : Comme le ſinus total eſt à la tangente du complément de l'élévation du Pôle, ainſi le ſinus de la différence de l'arc ſemi-diurne des Equinoxes & de l'arc propoſé eſt à la tangente de la déclinaiſon du rayon diurne, qui étoit à trouver.

Si l'on veut tracer ſur le Trigône le rayon de l'arc diurne de 11 h. ou de 13 h. on trouvera ſa déclinaiſon en cette ſorte : Le demi-arc diurne eſt de 5 h. & demie ou de 6 h. & demie ; le jour des Equinoxes eſt de 12 h. & par conſéquent le demi-arc diurne eſt de 6 h. & la différence eſt d'une demie-heure. C'eſt pourquoi il faudra mettre pour premier terme de la régle de trois, le ſinus total ; pour ſecond terme la tangente de 41 d., ſi c'eſt pour Paris ; & pour troiſiéme terme le ſinus de 7 d. 30 m. La régle étant faite, on trouvera que la déclinaiſon du Soleil eſt de 6 d. 28 m. Méridionale, lorſque le jour à Paris eſt de 11 h. complettes, & la nuit de 13 ; & que pareillement ſa déclinaiſon étant de 6 d. 28 m. Septentrionale, le jour y eſt de 13 h. & la nuit de 11 h.

En faiſant trois autres régles de trois, on trouvera que la déclinaiſon de l'arc diurne de 10 h. & de 14 h. eſt de . . . 12 d. 41 m.
Celle de l'arc de 9 h. & de 15 h. eſt de . . 18 25
Et celle de l'arc de 8 h. & de 16 h. de . . 23 30

Uſage des Arcs diurnes & nocturnes.

CEs Arcs ſervent à marquer ſur les Cadrans les longueurs des jours. Lorſque le bout de l'ombre du Style parcourt ces arcs, il fait connoître combien d'heures le Soleil reſte ce jour-là ſur l'Horiſon, c'eſt-à-dire, la longueur du jour, & conſéquemment celle de la nuit, qui eſt ſon complément à 24 heures.

Du Trigône avec une alidade.

CE Triangle de ſignes eſt monté ſur l'alidade A, pour tracer les arcs des ſignes ſur les grands Cadrans. On peut auſſi marquer ſur le même Triangle les arcs diurnes ; mais il ne faut mettre que les uns ou les autres ſur le même Cadran, pour éviter la confuſion des lignes. Il y a un petit trou au centre avec un clou, par le moyen duquel l'inſtrument peut tourner autour du centre du Cadran. On ajuſte une couliſſe à ce Triangle, pour qu'il puiſſe couler le long de la ligne de foi de la régle, & une vis

Fig. 5.

marquée B, pour l'arrêter où l'on veut. Les arcs des ſignes avec leurs caractéres ſont autour de la circonférence avec une ſoie fine au centre du ſecteur, pour l'étendre le long des rayons juſqu'à la rencontre des lignes horaires du Cadran, de la maniére que nous le dirons ci-après.

Cette figure repréſente la moitié d'un Cadran Horiſontal avec les lignes horaires du matin juſqu'à Midi, & avec ſa ligne équinoxiale C D; ce qui doit ſuffire pour expliquer la maniére d'y tracer les arcs de ſignes par le moyen de la figure 7, qui repréſente un Triangle de ſignes tracé ſur une plaque, ſur lequel on a rapporté les heures dudit Cadran horiſontal en cette maniére. Fig. 6.

Prenez avec un compas ſur le Cadran la grandeur de l'axe V R & la portez ſur l'axe du Triangle de O en C; prenez enſuite au Cadran la diſtance du centre V juſqu'au point C, où la ligne de 12 h. coupe l'équinoxiale & la portez au Triangle de C en *a*, pour y tracer légerement C *a* 12, qui coupera toutes les 7 lignes du Triangle. Pour paralléle du Tropique d'Eſté, prenez ſur cette ligne la diſtance du point C juſqu'à la rencontre du rayon de *Cancer*, & la portez au Cadran du centre V ſur la ligne de 12 h., pour y marquer un point dudit Tropique; prenez de même ſur la ligne C *a* 12 du Triangle, la diſtance depuis C juſqu'à la rencontre du paralléle des *Gémeaux*, & la portez au Cadran ſur la même ligne de 12 h. pour y marquer un point dudit paralléle; prenez auſſi toutes les autres diſtances ſur le Triangle & les portez les unes après les autres au Cadran ſur la ligne de 12 h. depuis le centre juſqu'au point du Tropique d'Hiver, qui doit être le plus éloigné du centre ſur le Cadran horiſontal; faites la même choſe pour toutes les autres heures les unes après les autres. Fig. 7.

Prenez ſur la ligne d'11 h. du Cadran, la diſtance depuis le centre juſqu'au point où cette ligne coupe l'équinoxiale, & portez-là au Triangle de C vers *a*; tirez la ligne C 11, & prenez les diſtances du point C juſqu'à l'interſection de chaque paralléle des ſignes & les portez au Cadran depuis le centre juſqu'aux points marqués 2 ſur ladite ligne de 11, & ainſi des autres.

A l'égard de la ligne de 6 h. laquelle ſur le Cadran eſt paralléle à l'Equinoxiale, faites-la auſſi paralléle au rayon de l'Equateur O *a* ſur le Triangle. Pour y marquer la ligne de 7 h. du ſoir, décrivez du point C, comme centre, un arc à volonté 4 *c b*, ſur lequel ayant pris la diſtance *c e* depuis la ſection *c* de l'arc avec la ligne de 6 h. juſqu'à la ſection *e* de la ligne de 5 h. & vous la porterez de l'autre côté depuis *c* au point 7, par lequel vous ménerez du centre *c*, la ligne de 7 h. laquelle ne rencontrera que le Tropique d'Eſté, & à peine le paralléle des *Gémeaux*. Enfin la ligne de 8 h. du ſoir doit faire avec celle de 6, le même angle que fait de l'autre côté celle de 4 h.; mais il eſt inutile de la marquer pour la latitude de 49 d., puiſque cette ligne ne peut couper aucun rayon des ſignes, étant paralléle au Tropique de *Cancer*.

Quand tous ces points ſeront marqués ſur les heures du Cadran, on joindra, le mieux qu'il ſera poſſible, tous ceux qui appartiennent à un même ſigne, par des lignes courbes, qui repréſenteront les paralléles des ſignes du Zodiaque, dont on marquera les caractéres, comme on les voit en la figure. On y joint quelquefois les noms des mois & de quelque Fête immobile remarquable. On fait la même opération pour les Cadrans Ver-

ticaux, ſi ce n'eſt que le Tropique d'Hiver y doit être le plus proche du centre & celui d'Eſté le plus éloigné.

Pour marquer les arcs des ſignes ou les arcs diurnes ſur les grands Cadrans, ſervez-vous de la Figure 5 en la maniére qui ſuit.

Attachez avec un clou la régle au centre du Cadran, en ſorte que vous
Fig. 8. la puiſſiez tourner & arrêter ſur ſes lignes horaires, comme vous le montre la figure 8. Après avoir pris la diſtance depuis le centre du Cadran juſqu'au bout du Style & arrêté fixément le Triangle avec la vis R, prenez d'une main la ſoie & de l'autre remuez l'Inſtrument couché ſur le plan du Cadran, en ſorte que la ſoie tendue le long du rayon de l'Equateur du Trigône rencontre la ſection de l'Heure & de la ligne Equinoxiale du Cadran; arrêtez l'Inſtrument dans cette ſituation, puis étendez la ſoie ſur les rayons du Trigône, & marquez ſur chaque ligne horaire les points, par où doivent paſſer les paralléles des ſignes tant au-deſſus qu'au-deſſous de la ligne Equinoxiale, comme il paroît que cela a été fait ſur la ligne de 12 h. du Cadran repréſenté par la Figure 8.

Faites de même ſur toutes les lignes horaires les unes après les autres; & par les points du même ſigne tracez les lignes courbes qui repréſenteront leurs paralléles ſur la ſurface du Cadran.

Pour les marquer ſur la ligne de 6 h., tournez l'Inſtrument de ſorte que la ligne de foi de la régle ſoit ſur la ligne de 12 h. & le rayon de l'Equateur ſoit paralléle à la ligne de 6 h.; après quoi vous étendrez la ſoie ſur les rayons des ſignes, juſqu'à ce qu'elle coupe la ligne de 6 h. pour y marquer les points paralléles.

Quand vous aurez marqué les arcs des ſignes d'un côté du Cadran, par exemple, ſur les heures du matin, vous tranſporterez du centre avec un compas les mêmes diſtances ſur les heures de l'autre côté de la Méridienne; de ſorte que les points marqués ſur la ligne de 11 h. ſeront portés ſur celle d'une heure, ceux de la ligne de 10 h. ſeront portés ſur celle de 2; & ainſi des autres également éloignés de la Méridienne. Vous y mettrez les caractéres des ſignes qui leur conviennent.

C'eſt de la même maniére que ſe marquent ces ſignes ſur les Cadrans déclinans, en prenant la Souſtylaire pour la Méridienne, & en obſervant que les diſtances depuis le centre doivent être égales aux heures également éloignées de la Souſtylaire.

Si au lieu des arcs des ſignes, on marque ſur ces Cadrans les arcs diurnes, c'eſt-à-dire, la longueur des jours, on y pourra mettre auſſi l'Heure du lever & du coucher du Soleil, en partageant la longueur du jour en deux également; car lorſque le jour eſt, par exemple, de 15 h., le Soleil ſe couche à 7 h. & demie du ſoir, & ſe léve autant avant Midi, c'eſt-à-dire, à 4 h. & demie du matin; & ainſi des autres.

Pour tracer les arcs des ſignes ſur les Cadrans Equinoxiaux, (comme ſur le Cadran de la *Figure 7. Planche 27*) prenez la longueur du Style A D & la portez ſur l'axe du Trigône de la Figure 7 Planche 29. Du point O juſqu'en *p* tirez la ligne *p* N, paralléle au rayon de l'Equateur; elle coupera le Tropique d'Eſté & deux autres paralléles. Prenez avec un compas la diſtance du point *p* juſqu'à l'interſection du Tropique; portez cette ouverture au centre A du Cadran, & tracez un cercle qui repréſentera le Tropique de *Cancer*. Prenez de même les deux autres diſtances ſur la pa-

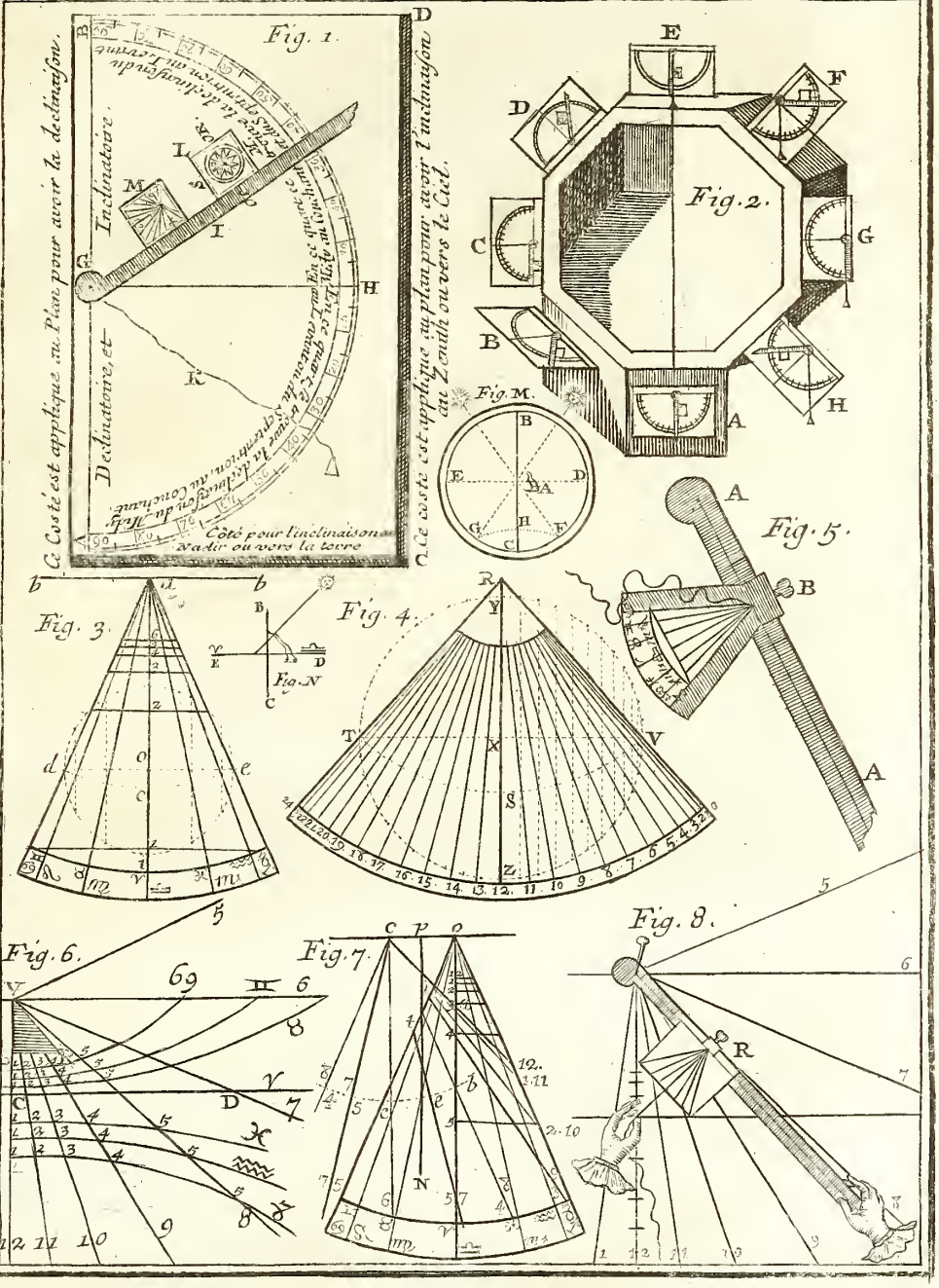


Fig. 1.
Inclinatoire.
Declinatoire, et
Côté pour l'inclinaison
Nadir ou vers la terre
C. Ce côté est appliqué au Plan pour avoir la declinaison.
C. Ce côté est appliqué au plan pour avoir l'inclinaison
au Zenith ou vers le Ciel.
Fig. 2.
Fig. M.
Fig. N
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.

ralléle du Trigône, pour en tracer deux autres cercles sur le Cadran, dont l'un sera le paralléle des Gemeaux & du Lion, & l'autre celui du Taureau & de la Vierge que vous pouvez tracer sur l'Equinoxial supérieur. Si c'étoit un inférieur, on y marqueroit les paralléles du Scorpion & des Poissons, celui du Sagittaire & du Verseau & celui du Capricorne. Car à l'égard de ceux du Belier & de la Balance, on ne peut les décrire sur les Cadrans Equinoxiaux, parce que quand le Soleil est dans le plan de l'Equateur, ses rayons rasent la surface de ces Cadrans, & l'ombre de leur Style est indéfinie, c'est pourquoi ils ne marquent pas l'heure en ce tems-là.

La ligne Horisontale se trace de cette maniére : La longueur du Style étant posée sur la ligne de 6 h. de son extremité D comme centre, tracez au-dessus pour le supérieur, l'arc E F, égal à l'élévation du Pôle, comme ici où nous sommes, de 49 d : tirez la ligne D F, qui coupera la Méridienne au point H, par lequel vous tracerez la ligne Horisontale paralléle à celle de 6 h., comme vous le voyez en la figure 7 planche 27.

Cette ligne sert à faire connoître le lever & le coucher du Soleil au commencement de chaque signe ; car comme elle coupe en ce Cadran le Tropique de *Cancer* aux points de 4 h. du matin & de 8 h. du soir, il s'ensuit que le Soleil au jour du Solstice d'Esté se léve à 4 h. du matin & se couche à 8 h. du soir sur l'Horison de Paris ; & ainsi des autres.

Pour tracer les Arcs des signes sur les Cadrans Pôlaires.

LE Cadran étant construit, comme on l'a vû fig. 6 de la Planche 28. les rayons des heures ponctuées (depuis le point D, centre du Quart-de-cercle & bout du Style, jusqu'à la rencontre de la ligne Equinoxiale A B) portez ces distances les unes après les autres sur le rayon ♈ de l'Equateur du Trigône des signes, (*fig.* 7 de la planche 29) pour lui mener par ces points autant de perpendiculaires qu'il y a d'Heures ponctuées, c'est-à-dire, une pour 12 h. & 5 autres pour 1, 2, 3, 4 & 5 h. lesquelles couperont les rayons des signes du Trigône ; prenez ensuite sur ces perpendiculaires la distance depuis le rayon de l'Equateur du Trigône jusqu'aux autres rayons des signes, & transportez toutes ces distances de part & d'autre sur les lignes horaires du Cadran depuis l'Equinoxiale A B. Prenez, par exemple, sur le Trigône l'espace de 12 ♑, & le portez au Cadran du point C, sur la ligne de 12 h. pour y marquer les points des Tropiques. De même l'espace pris au Trigône, sur la ligne 5 ♑ ou ♋, sera portée sur la ligne de 5 & de 7 h. du Cadran de part & d'autre également depuis la ligne Equinoxiale, & ainsi des autres signes dont vous tracerez les paralléles par des lignes courbes ; sçavoir les signes Septentrionaux au-dessous de la ligne Equinoxiale, & les Méridionaux au-dessus. Nous n'avons tracé que les deux Tropiques sur la figure de ce Cadran, pour ne la pas embarrasser.

Les Arcs diurnes se tracent de la même maniére que les Arcs des signes,

Pour tracer les Arcs des signes sur les Cadrans Orientaux & Occidentaux.

ILs se tracent à peu près de même que sur les Cadrans Pôlaires. XXVIII Planche. Fig. 1.

Soit, par exemple, la fig. 1re Planche 28e qui représente un Ca-

dran Occidental. Les rayons des heures étant ponctués (depuis le point E, centre du Quart-de-cercle & longueur du Style, jusqu'à la ligne équinoxiale C D) ils seront portés avec un Compas au Trigône de la Figure 3 planche 29e, depuis le point *a*, sur le rayon de l'Equateur, pour y tracer autant de perpendiculaires, qui couperont les rayons des signes; vous prendrez sur ces perpendiculaires les distances depuis le rayon de l'Equateur jusqu'aux intersections des autres signes, & les reporterez sur les lignes horaires du Cadran de côté & d'autre de la ligne Equinoxiale.

Prenez, par exemple, au Trigône l'espace de 6 ♋ ou ♑, & portez-le au Cadran sur la ligne de 6 h. de part & d'autre du point D; faites-en de même pour les autres heures, & par les points que vous y aurez marqués, tracez les lignes courbes, qui représenteront les paralléles des signes; sçavoir les Septentrionaux au-dessous de la ligne Equinoxiale, & les Méridionaux au-dessus.

Les Arcs diurnes se tracent de la même façon.

Nous n'avons tracé que les deux Tropiques sur ce Cadran, pour ne pas embarrasser la Figure.

Construction d'un Cadran Horisontal avec les Heures Italiques, Babiloniques, les Almucantaras & les Méridiens.

APrès avoir marqué sur les Cadrans les heures Astronomiques ou Françoises avec les Arcs diurnes & ceux des signes, on peut encore y représenter plusieurs autres projections des cercles de la Sphére, qui feront des choses curieuses & utiles, & que l'extrémité de l'ombre du Style y marquera, comme sont les Heures Italiques & Babyloniques, les Azimuths, les Almucantaras & les Méridiens des principales villes de la terre.

Les Heures Italiques & Babyloniques ont pour premiére ligne l'Horison, comme les heures Astronomiques ont pour commencement le Méridien. Les Italiens commencent à compter les heures, lorsque le centre du Soleil touche l'Horison en se couchant; & les Babyloniens lorsqu'il le touche en se levant.

Méthode générale pour tracer sur toutes sortes de Cadrans les Heures Italiennes & Babyloniennes.

XXX Planche. Fig. 1. CEtte figure représente un Cadran Horisontal, sur lequel on a tracé plusieurs cercles de la Sphére. Les Heures Astronomiques étant tracées avec la ligne Equinoxiale & un Arc diurne ou un paralléle du lever du Soleil à telle heure que vous voudrez, comme à 4 h., qui est le même que le Tropique d'Esté, pour 49 d. de Latitude, vous trouverez par la méthode que nous allons enseigner, deux points de chacune de ces lignes, un sur la ligne Equinoxiale, & l'autre sur le paralléle tracé, par le moyen desquels il sera facile de marquer ces lignes horaires, parce qu'étant les communes sections des grands cercles de la Sphére avec le Plan du Cadran, elles s'y doivent représenter en lignes droites.

Voulant donc tracer la premiére heure Babylonique, considérez que le Soleil étant dans l'Equateur, il se leve à 6 h. & qu'à 7 il y a une heure qu'il

qu'il eſt levé ; d'où il ſuit que cette premiére heure doit paſſer par le point où la ſeptiéme heure Aſtronomique coupe l'Equinoxiale. La ſeconde heure paſſera par l'interſection de 8 h. du matin ; la troiſiéme par celle de 9 ; & ainſi de ſuite.

On s'eſt contenté de marquer les chiffres & les diviſions des Heures Aſtronomiques ou Françoiſes, ſans tirer juſqu'au centre les lignes de ces heures, qui auroient trop embrouillé la figure du Cadran : on pourra par le moyen d'une régle ou d'une ſoie tendue du centre par ces diviſions, connoître la trace de ces lignes, & leur ſection avec l'Equinoxiale.

Mais quand le Soleil ſe léve à 4 h, le point de 5 h. ſur le paralléle de ♋, eſt celui de la premiére heure Babylonique ; le point de 6 eſt pour la ſeconde heure ; celui de 7 pour la troiſiéme ; & ainſi des autres. Mettez donc une régle ſur le point d'interſection de 5 h. au Tropique de *Cancer*, ainſi que ſur le point d'interſection de 7 h. en l'Equinoxiale, & par ces deux points tracez la premiére heure Babylonique ; & en continuant de même, vous trouverez que la 8me heure paſſera par le point de la 12me heure Aſtronomique ſur ce Tropique, & par celui de 2 heures après Midi ſur l'Equinoxiale ; & que la 15me heure paſſera par le point de 7 h. du ſoir ſur ledit Tropique & par celui de 5 h. ſur l'Equinoxiale.

Il eſt facile de tracer toutes ces lignes horaires, lorſqu'on en a une, parce qu'elles ſe ſuivent toutes par ordre d'heure en heure Aſtronomique ſur le paralléle & ſur la ligne Equinoxiale, comme il eſt aiſé de le voir par la figure.

Enfin le Soleil ſe couche à 16 h. Babyloniennes, lorſque le jour eſt de 16 h. il ſe couche à 12 h. pendant les Equinoxes ; & à 8 h., lorſque la nuit eſt de 16 h. puiſqu'il ſe léve toujours à 24 h.

Il faut faire à peu près le même raiſonnement pour marquer les heures Italiennes. On compte toujours 24 h. quand le Soleil ſe couche ; c'eſt pourquoi en Eſté quand les nuits ſont de 8 h., il ſe leve à 8 h. Italiques ; pendant les Equinoxes il ſe leve à 12 h. ; & en Hiver, quand les nuits ſont de 16 h., il ſe leve à 16 h. ; d'où il ſuit que la 23me heure Italienne doit paſſer par les points de 7 h. du ſoir au Tropique d'Eſté, de 5 h. ſur l'Equinoxiale, & de 3 h. ſur le Tropique d'Hiver. Il ſuffit d'avoir deux de ces points pour la tracer. La 22me heure paſſe par les points de 6 h. du ſoir au Tropique d'Eſté, de 4 h. ſur l'Equinoxiale, & de 2 h. ſur le Tropique d'Hiver. En continuant de même, on trouvera que la 18me heure paſſe par les points de 12 h. Equinoxiales, c'eſt-à-dire, que pendant les Equinoxes il eſt Midi à 18 h., au lieu qu'au Solſtice d'Eſté il eſt Midi à 16 h., & pendant le Solſtice d'Hiver à 20 h. dans les pays qui ont 49 d. de Latitude, comme on le voit dans les Tables ci-après.

Tables pour trouver les heures Babyloniques & Italiques.

Heures Babyloniques.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
paſſent ♋	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
en l'arc ♈ par	7.	8.	9.	10.	11.	12.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
de ♎	9.	10.	11.	12.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.

Heures Italiques.	23.	22.	21.	20.	19.	18.	17.	16.	15.	14.	13.	12.	11.	10.	9.	8.
paſſent ♋	7.	6.	5.	4.	3.	2.	1.	12.	11.	10.	9.	8.	7.	6.	5.	4.
en l'arc ♈ par	5.	4.	3.	2.	1.	12.	11.	10.	9.	8.	7.	6.	5.	4.	3.	2.
de ♎	3.	2.	1.	12.	11.	10.	9.	8.	7.	6.	5.	4.	3.	2.	1.	12.

Par les heures Italiennes on voit dans combien de tems le Soleil ſe doit coucher, en ôtant l'heure préſente du nombre 24 ; & par les heures Babyloniennes on voit combien il y a de tems qu'il eſt levé.

De la maniére de tracer les Almucantaras & les Azimuths, & de leurs uſages.

XXX. *Planche.* Fig. 1.

LEs *Almucantaras* ſont des cercles paralléles à l'Horiſon, qu'on s'imagine paſſans par tous les dégrés du Méridien. Ces cercles de hauteur ſe repréſentent ſur l'Horiſontal par des cercles concentriques, décrits du pied du Style.

Les *Azimuths* qui ſont des cercles tirés par tous les points de l'Horiſon & qui ſe coupent aux Pôles de l'Horiſon, c'eſt-à-dire, au Zénith & au Nadir, ſe tracent par des lignes droites, qui aboutiſſent au même pied du Style B, lequel repréſente le Zénith & eſt le centre commun de tous les Almucantaras. Sur les Cartes marines les Azimuths ſont repréſentés ſur des Rhumbs.

C'eſt pourquoi il n'y a qu'à diviſer en dégrés la Méridienne B 12, du bout du Style C, comme centre, alors les tangentes des arcs ſeront les demi-diamétres des Almucantaras qui ſe termineront aux deux Tropiques. Pour avoir ces tangentes on peut ſe ſervir d'un Quart-de-cercle diviſé comme celui de la figure 2. Pour cet effet portez la longueur du Style CB de la figure 1. ſur la figure 2. de A en H, & tirez la ligne HI, ſur laquelle vous prendrez avec un compas les diſtances, & les porterez ſur la ligne B 12, en ſorte que le 90me dégré réponde au point B. Mais comme ce Cadran eſt fait pour 49 d. de Latitude, & que par conſéquent le Soleil ne peut s'élever ſur cet Horiſon que de 64 d. 30 m. il ſuffira de marquer cette plus grande hauteur du Soleil, qui ſe terminera au Tropique d'Eſté.

Enſuite ſi l'on diviſe un de ces cercles de hauteur de 10 en 10 d., en commençant depuis la Méridienne B 12, qui eſt le 90me Azimuth, & que

par ces points de diviſion on tire au pied du Style B, autant de lignes droites, on aura la repréſentation des Azimuths ou cercles verticaux. Nous ne les avons point marqués ſur ce Cadran pour éviter la confuſion, mais il eſt facile de les concevoir.

L'uſage des Almucantaras eſt de faire connoître à toute heure la hauteur du Soleil ou des Etoiles ſur l'Horiſon, ſur les Cadrans. Les Almucantaras ſe nomment *Paralleles de hauteur*. Quant aux Azimuths, ils font connoître en quel cercle vertical ſe trouve un Aſtre. Car c'eſt ſur des Azimuths que ſe prend l'élévation des Aſtres ſur l'Horiſon, ainſi que leur diſtance du Zénith. Cela ſe voit en remarquant l'endroit où l'extrémité de l'ombre du Style droit donne ſur le cercle de hauteur & ſur la ligne de l'Azimuth.

Méthode pour marquer les Méridiens ſur le Cadran Horiſontal.

DU point D, centre diviſeur de la ligne Equinoxiale, tracez une circonférence de cercle & la diviſez en 360 parties égales ou dégrés, ou ſeulement en 36 parties pour y marquer les dégrés de 10 en 10. De la ligne de Midi, qui repréſente le Méridien du lieu pour lequel eſt conſtruit le Cadran, comme de Paris, comptez vers l'Occident 20 d. pour ſa Longitude ou diſtance du premier Méridien, qui paſſe par le point G; ſur lequel ayant écrit 360 d. vous prolongerez la ligne G D juſqu'en E, ſur l'Equinoxiale; enſuite du centre A & par E tracez le premier Méridien qui eſt l'Iſle de Fer, & ainſi des autres. Mais il vous ſera plus facile de marquer de l'Occident vers l'Orient les Méridiens ou cercles de Longitude terreſtre de 5 en 5 d., ou de 10 en 10, & d'y placer les principales villes, dont les Longitudes vous ſont connues; comme Rome à 10 d. 20 m. plus orientale que Paris; Vienne en Autriche à 14 d. 32 m. plus orientale que ladite ville de Paris; & ainſi des autres villes conſidérables, dont vous connoîtrez la différence des Méridiens à celui de Paris, par le moyen d'un bon Globe ou par une Carte de Géographie, conſtruite ſur les obſervations exactes de Meſſieurs de l'Académie Royale des Sciences. Fig. 1.

Uſage du Cadran Horiſontal.

TOutes les fois que le Soleil luira ſur votre Cadran, vous connoîtrez non ſeulement quand il eſt Midi, mais encore quelle heure il eſt en tous les lieux marqués ſur les Méridiens, en ajoûtant à l'heure de Paris (pour lequel eſt fait ce Cadran) autant d'heures qu'il y a de fois 15 d. de différence & 4 m. d'heure pour chaque dégré, & ce aux lieux plus orientaux entre la Méridienne du Cadran & celle du lieu propoſé; & au contraire en les ôtant pour les lieux plus occidentaux.

Ainſi quand ce Cadran marquera, par exemple, Midi à Paris, il ſera près d'une heure après-midi à Vienne en Autriche, puiſque cette ville eſt plus orientale que Paris de 14 d. 32 m. & par conſéquent reçoit la lumiére du Soleil plutôt que Paris. Il ſera 41 m. 20 ſec. après-Midi à Rome, puiſqu'elle eſt 10 d. 20 m. à l'Orient de Paris: & il ſera 10 h. 2 m. du matin à Paris, lorſqu'il ſera Midi à Péterſbourg, ville de Moſcovie; & réciproquement lorſqu'il ſera Midi à Paris, il ſera une heure 58 m. après Midi à Péterſbourg, qui eſt plus orientale de 29 d. 30 m. Pareillement on

voit que quand il eſt Midi à Péterſbourg, il eſt en même tems une heure 24 m. à Iſpaham, ville plus orientale de 21 d. que Péterſbourg, & qu'au même inſtant il eſt auſſi 10 h. 43 m. 20 ſec. du matin à Rome, qui eſt plus occidentale de 19 d. 10 m. que la même ville de Péterſbourg.

Il en eſt de même des villes plus occidentales que Paris. Par exemple, quand un Cadran marque Midi à Paris, on voit qu'il eſt neuf heures & demie du matin à Olinde dans le Breſil, qui eſt plus occidentale de 37 d. 30 m.; & réciproquement il eſt Midi à Olinde lorſqu'il eſt deux heures & demie après-Midi à Paris; & ainſi des autres villes qui ſeront à l'Orient ou à l'Occident d'Olinde, qui auront le Midi plutôt ou plûtard que cette ville.

Ces lignes de Longitude ſont tirées du centre du Cadran, comme les lignes horaires, par les dégrés requis de l'Equinoxiale: Chacune d'elles repréſente le Méridien du lieu, qui lui eſt attribué, dont le nom eſt écrit à côté avec ſa longitude, comptée comme les heures de 15 en 15 dég. depuis la ligne de Midi (du lieu pour lequel a été fait le Cadran) vers la gauche ſur les heures du ſoir, ſi les lieux ſont plus occidentaux; vers la droite ſur les heures du matin, s'ils ſont plus orientaux. Tous ces Méridiens divers ſe marqueront, comme les heures, par l'ombre de l'axe ou du Style, enſorte que quand elle donnera ſur quelqu'une de ces villes, ce ſera une marque qu'il y eſt Midi.

CHAPITRE IV.

De la conſtruction & des uſages des Inſtrumens propres à tracer les Cadrans ſur différens Plans.

Fig. 2. CE Quart-de-cercle diviſé en 90 d. ſe fait ſur une plaque de cuivre ou d'autre matiére ſolide. Sa grandeur eſt à volonté. Il peut ſervir à trouver la longueur des tangentes, & par ce moyen à diviſer en dégrés une ligne droite, comme nous avons fait ſur la Méridienne du Cadran Horiſontal, (fig. 1 de cette même Planche) pour y marquer les rayons des Almucantaras.

On y peut pareillement trouver les diviſions des heures ſur la ligne Equinoxiale des Cadrans réguliers, & même des Cadrans déclinans, dont la Souſtylaire ſe rencontre ſur une heure complette, en portant du centre A juſqu'en H ou en L, la longueur du rayon de l'Equateur, & tirant une ligne droite, comme H I ou L M, paralléle au rayon extérieur du Quart-de-cercle A C; car la diſtance L 1 h. ou 11 h. (qui répond à 15 d. de la diviſion du Quart-de-cercle) ſera la tangente de la premiére heure comptée depuis la Méridienne ou Souſtylaire du Cadran. C'eſt pourquoi étant portée ſur la ligne Equinoxiale, dont je ſuppoſe que A L eſt le rayon, elle y déterminera le point par où doit paſſer cette ligne horaire. L 2 (qui répond à 30 d. de la circonférence du Quart-de-cercle) ſera la tangente de la ſeconde heure. L 3, qui répond à 45 d. ſera la tangente de la troiſiéme heure; & ainſi des autres; & par ce moyen on a déja 3 h. de ſuite de chaque côté de la Méridienne ou Souſtylaire, ce qui fait en tous ſix eſ-

paces d'heure de ſuite, & peut ſuffire pour trouver toutes les autres lignes horaires du Cadran, en ſuivant la méthode que nous avons expliquée ci-devant en parlant des Cadrans déclinans, laquelle peut s'appliquer de même à tous les Cadrans réguliers, comme eſt un Horiſontal, ſur lequel on aura ſix intervalles d'heure de ſuite, comme depuis 9 h. du matin juſqu'à 3 h. après-Midi.

On pourra avec cette même méthode trouver toutes les autres heures du Cadran, comme celles de 7 & 8 h. du matin, 4 & 5 h. du ſoir, que l'on a quelquefois peine à marquer ſur la ligne Equinoxiale du Cadran, principalement les points de 5 & de 7 h. à cauſe de la longueur de leurs tangentes. Les lignes horaires trouvées par cette méthode, pourront ſervir à en trouver d'autres; & celles qui ſont trouvées, étant prolongées au-delà du centre, donneront leurs oppoſées.

Ce même Quart-de-cercle peut encore ſervir de Cadran portatif, parce que les heures s'y peuvent tracer par le moyen d'une Table des hauteurs du Soleil ſur l'Horiſon du lieu pour lequel on veut le conſtruire, comme nous l'expliquerons au chapitre ſuivant.

Conſtruction d'un Cadran Horiſontal mobile.

IL eſt compoſé de deux plaques de cuivre ou autre matiére ſolide, bien droites & bien unies, appliquées l'une ſur l'autre & jointes enſemble par le moyen d'un clou rond mis au centre A. La piéce de deſſous eſt quarrée, ayant 5 à 6 pouces de chaque côté; elle eſt diviſée en deux fois 90 d. pour ſervir à connoître la déclinaiſon des Plans. La piéce de deſſus eſt ronde avec un petit index joint à la ligne de Midi, qui marque ſur le dégré la déclinaiſon des plans; elle eſt environ de 4 lignes plus petite de chaque côté que la plaque quarrée qui eſt deſſous. Fig. 3.

Il y a un Cadran Horiſontal tracé du centre A ſur la platine ſupérieure pour l'élévation du Pôle du lieu où l'on veut s'en ſervir. Le Style triangulaire B eſt ajuſté, de maniére que ſon angle d'élévation de Pôle du lieu aboutiſſe au centre, où l'on fait un petit trou pour y paſſer une ſoie. On y joint une Bouſſole D, avec ſon aiguille aimantée, couverte d'un verre pour la garantir des injures du tems, & dans le fond de la Bouſſole on trace une ligne qui marque la déclinaiſon de l'aimant. Nous faiſons auſſi de ces Inſtrumens, qui peuvent ſervir pour différentes élévations de Pôle, & alors il faut que l'axe hauſſe & baiſſe; & nous traçons différens Cadrans, comme il ſe verra en la Planche ci-après.

Uſage.

CEt Inſtrument ſert à tracer des Cadrans au Soleil ſur toute ſorte de Plans, de telle ſituation qu'ils puiſſent être, comme déclinans, inclinés, ou l'un & l'autre tout enſemble, en la maniére qui ſuit.

Tracez ſur le Plan propoſé une ligne horiſontale ou de niveau, & mettez le long de cette ligne le côté du quadre, où eſt écrit, *côté appliqué au mur*. Tournez le Cadran Horiſontal, tant que l'aiguille aimantée s'arrête ſur ſa ligne de déclinaiſon; étendez la ſoie au long de l'axe juſqu'à ce qu'elle rencontre le plan en un point, qui ſera le centre du Cadran. Eten-

dez enſuite la ſoie ſur toutes les lignes horaires que le plan pourra recevoir, & marquez autant de points ſur la ligne Horiſontale ou de niveau, par leſquels vous conduirez du centre les lignes des heures, en y marquant les mêmes chifres qu'à celles du Cadran horiſontal. Si le Cadran eſt vertical ſans inclinaiſon, la ligne de 12 h. ſera perpendiculaire ſur la ligne horiſontale du plan, en la faiſant tomber du centre du Cadran par le moyen d'un fil avec ſon plomb.

La Souſtylaire ſe tracera par le centre & par un point de l'angle droit d'un côté d'une équerre mis ſur la ligne de niveau, l'autre côté touchant l'axe. Cette diſtance du côté de l'équerre poſée au mur juſqu'à l'axe, eſt la longueur du Style droit, lequel étant couché au même lieu à angles droits ſur la Souſtylaire, vous tirerez du centre par ſon extrémité, l'axe que vous formerez ſur le Plan par le moyen d'une verge de fer, paralléle à la ſituation de la ſoie étendue le long de l'axe du Cadran Horiſontal, & ſoutenue par quelque appui planté dans le mur perpendiculairement à la Souſtylaire.

Si l'on ne vouloit qu'un Style droit, on choiſiroit ſur la Souſtylaire un point éloigné du centre à proportion de la grandeur du Cadran, pour y planter une verge de fer perpendiculaire; mais il faut que ſa pointe ne paſſe pas la ſoie tendue le long de l'axe.

Enfin vous donnerez à votre Cadran telle figure que vous jugerez à propos, & vous prolongerez les lignes horaires autant qu'il ſera beſoin, ſuivant la grandeur de votre plan.

On peut éloigner l'Inſtrument du mur pour y tracer de grands Cadrans, mais il faut qu'il ſoit toujours poſé bien parallélement & de niveau.

Pour les Cadrans ſeptentrionaux, ayant trouvé la déclinaiſon du plan, comme de 45 d. du Septentrion à l'Occident, placez l'index du Cadran ſur la déclinaiſon oppoſée, c'eſt-à-dire, du Midi à l'Orient; renverſez enſuite l'Inſtrument ſans deſſus-deſſous; étendez la ſoie le long de l'axe, pour avoir le centre en bas au-deſſous de la ligne horiſontale, ſur laquelle ayant marqué les points des heures, vous les prolongerez juſqu'au centre, & ferez le reſte comme nous venons de le dire; alors la ligne de Midi ſera celle de minuit.

On ſe ſert encore fort utilement de ce Cadran Horiſontal pour en tracer ſur toute ſorte de ſurfaces réguliéres ou irréguliéres, même pendant la nuit en très-peu de tems & à la lumiére d'un flambeau (comme nous le dirons ci-après en parlant du Sciatere du P. Pardies) & l'on applique à ces Cadrans les Arcs des ſignes ou bien les Arcs diurnes de la maniére que nous l'enſeignerons dans l'uſage du Sciatére ſuivant, & ce par le moyen d'un Trigône qu'on appelle *Giroüette*, dont le centre répond au bout du Style droit ſur l'axe du Cadran.

On peut éviter les défauts que la courbure d'une ſoie, quelque bien tendue qu'on la ſuppoſe, cauſera toujours dans les Cadrans tracés ou par l'Horiſontal mobile, ou par quelque Sciatére que ce ſoit. Servez-vous donc de la méthode que nous vous propoſons. Faites un Cadran Horiſontal par le calcul de la Trigonométrie pour le lieu où vous êtes : Que ce Cadran ſoit tracé ſur un plan uni & ſpacieux. Suppoſons que le Cadran de la fig. 4. planche 27, ſoit tel que nous le diſons. Prenez la déclinaiſon du mur où

vous ſouhaittez en tracer un ; nous la ſuppoſons de 45 d. du Midi à l'Occident, (comme en la fig. 2. planche 28.) Faites ſur le Cadran Horiſontal le Quart-de-cercle M B H à volonté, du point B, pris ſur la ligne de Midi vers le centre du Cadran. Comptez de M, paralléle à l'Equinoxiale vers H, les 45 d. de déclinaiſon du côté des heures d'après-Midi, ſi la déclinaiſon eſt à l'Occident ; & du côté de celles du matin, ſi elle eſt à l'Orient : tirez la ligne B 3, du point B par le point de 45 d. aſſez longue de part & d'autre de B, pour couper toutes les lignes horaires qui ne lui ſont point paralléles. Enſuite faites ſur le mur propoſé une ligne à plomb, (comme A B fig. 2. planche 28) & la ligne de niveau D C ; le point d'interſection E de ces deux lignes ſur le mur, répond à celui B ſur le Cadran Horiſontal. C'eſt pourquoi en tranſportant la ligne B 3 du Cadran Horiſontal avec les diviſions que les lignes horaires y marquent ſur la ligne D C ſur le mur, obſervant de faire convenir le point B de l'Horiſontal avec celui E ſur le mur ; & mettant les points des heures du matin à gauche ſur le mur, & celles du ſoir à droite, on aura ſur la ligne D C, tous les points des heures. On tranſportera cette ligne B 3, ou bien avec le compas, en prenant ſucceſſivement toutes les interſections que les lignes horaires du Cadran Horiſontal y font, ou bien en appliquant une régle ſur cette ligne B 3 & marquant deſſus tous les points d'interſection & le chifre des heures ; alors vous porterez cette régle ainſi diviſée ſur la ligne D C du mur, en obſervant de mettre le point de 12 h. ſur le point E marqué ſur le mur par l'interſection de deux lignes à plomb & de niveau.

Pour marquer le centre du Cadran ſur le mur, prenez ſur le Cadran Horiſontal la diſtance de B en P, où l'axe de ce Cadran couperoit une ligne paralléle à K L, qui paſſeroit par B, & portez cette diſtance ſur le mur de E en A ſur la ligne de Midi vers le haut, ſi le Cadran ne décline pas du Septentrion. Ce point A ſera le centre du Cadran, duquel par les points des heures marqués ſur D C vous tirerez ces heures auſſi loin qu'il vous plaira. Tirez ſur le Cadran Horiſontal du centre E ſur la ligne de déclinaiſon B 3 une perpendiculaire, & prenez la diſtance du point où elle y tombera juſqu'au point B ; portez cette diſtance ſur le mur de E vers C ou D, ſelon qu'il conviendra par rapport à la déclinaiſon à l'Orient ou à l'Occident comme ici en H, & vous aurez le pied du Style droit ; & la diſtance ſur ce Cadran horiſontal (du centre E au point où la ligne B 3 eſt coupée par ſa perpendiculaire) ſera la longueur du Style droit H I ou d'une verge élevée par le mur au point H, non toujours perpendiculairement au mur, mais parallélement à l'Horiſon. Si vous appuyez ſur le bout du Style une verge de fer droite, qui aille toucher le mur au point A, cette verge ſera l'axe du Cadran, qui marquera l'heure par toute ſa longueur.

Si le mur n'étoit pas droit, mais gauchi, c'eſt-à-dire, tortueux, convéxe ou concave, comme on voit des ſurfaces de tours ou de grandes niches ; il faudroit y appliquer une régle, en prendre la déclinaiſon, & ſur cette régle décrire les contours du mur, rapporter le tout ſur & au long de la ligne de déclinaiſon B 3, le reſte s'acheveroit comme on vient de le dire : il eſt à remarquer cependant que toutes les lignes horaires, hors celle de Midi ne ſeroient point droites : c'eſt pourquoi on aura ſoin d'appliquer une régle ſur le bout du Style & le centre du Cadran, alors on borneyera le

long de cette ligne par chaque point d'heure marqué sur la ligne de niveau, & l'on suivra ce qu'on aura bornoyé avec un trait léger de crayon, ou bien on éclairera pendant la nuit cet axe du Cadran, de sorte que son ombre passera successivement sur chaque point d'heure marqué; ensuite on suivra l'ombre de cet axe avec un crayon jusqu'au centre d'un bout à l'autre du Cadran, pour avoir les lignes des heures à mesure qu'on les lui fera marquer.

Nous supposons que toutes ces surfaces, sur lesquelles on veut décrire des Cadrans, sont perpendiculaires à l'Horison; car si elles y étoient inclinées ou qu'elles en déclinassent, on auroit bien plutôt fait de se servir d'un Sciatere; & tel qu'il soit, le Cadran seroit toujours plus juste que par la régle & par le compas, &c. Aussi ne trace-t-on pas ces sortes de Cadrans pour la précision, mais par curiosité.

Construction du Sciatere.

XXX Planche Fig. 4. LE Sciatere est un Instrument composé du cercle Equinoxial A, fait de cuivre ou de quelqu'autre matiére solide, monté sur le Quart-de-cercle B. Le point de Midi de l'Equinoxial est attaché à un des bouts du Quart-de-cercle, & une petite broche d'acier ronde d'une à deux lignes de diamétre (qui sert d'axe & passe par le centre de l'Equinoxial) tient à l'autre extrémité du Quart-de-cercle, de sorte que l'Equinoxial & le Quart-de-cercle sont fixément attachés ensemble à angles droits. Le Quart-de-cercle est divisé en 90 d., & le cercle Equinoxial en heures & demi-heures par les méthodes expliquées ci-devant. La piéce G est d'une épaisseur propre à contenir par le haut une couliſſe qui entre des deux côtés dans une rainure, qui est au bord extérieur du Quart-de-cercle, pour hausser ou baisser l'Equinoxial suivant la hauteur du Pôle. Une petite boule est attachée au bout d'une soie, arrêtée sur l'Instrument par son autre bout au haut d'une ligne perpendiculaire, qui y est tracée & pendant librement le long de cette ligne: Elle sert pour placer la machine à plomb par le moyen du genou H, qui tient à la piéce G, servant à tourner l'Instrument en tout sens. Le genou est rivé à une branche, dont le bout est d'acier, que l'on enfonce dans le mur pour tenir ferme toute la machine, quand on veut la mettre en usage.

Le Trigône des signes D est passé dans l'axe & tourne autour du Cadran par le moyen d'une virole. Il y a une soie attachée au sommet du Trigône, & une autre au centre du Cadran. On ne place le Trigône que quand on veut tracer les arcs des signes sur les Cadrans.

Usage.

IL faut d'abord enfoncer dans le mur la pointe d'acier attachée au pied de l'Instrument, à l'endroit où l'on veut faire un Cadran & mettre le dégré de l'élévation du Pôle du lieu compté sur le Quart-de-cercle, vis-à-vis d'un trait à plomb marqué sur la couliſſe, c'est-à-dire, vis-à-vis la ligne perpendiculaire, dont nous venons de parler.

Il faut aussi avoir une Boussole quarrée, que vous poserez au long du plan du Quart-de-cercle, & vous tournerez la machine jusqu'à ce que l'aiguille

guille aimantée soit arretée justement sur la ligne de déclinaison : ou bien sans Bousſole, si le Soleil luit, & que vous sçachiez l'heure qu'il est, tournez la machine de sorte que l'axe qui traverse l'Equinoxial, marque précisément l'heure sur le cercle des heures. L'Instrument étant ainsi disposé, étendez la soie E, qui part du centre, tout au long de l'axe jusqu'à la rencontre du plan proposé, pour y marquer un point, qui sera le centre du Cadran ; puis rasant les heures les unes après les autres avec la même soie, prolongée jusqu'au mur, marquez-y autant de points que vous pourrez ; & par ces points tracez les lignes horaires jusqu'au centre du Cadran, où elles se doivent rencontrer. Donnez telle figure qu'il vous plaira à ce Cadran, & placez-y les mêmes chifres que ceux des heures de l'Equinoxial.

Le Style se posera de la maniére qui vient d'être expliquée en parlant du Cadran Horisontal mobile.

Pour tracer les Arcs des signes ou les Arcs diurnes, faites entrer l'axe dans la virole, qui est à l'extrémité du Trigône, que vous ferez tourner sur toutes les heures les unes après les autres, en l'arrêtant avec la vis ; puis étendant la soie F le long des lignes, qui appartiennent à chaque signe pour marquer autant de points sur chaque ligne horaire du mur ; ensuite vous tracerez des lignes courbes de point en point, qui formeront les Arcs des signes, sur lesquelles lignes vous marquerez les caractéres convenables.

On peut encore tracer les Arcs des signes de cette maniére : L'axe du Cadran étant bien affermi, choisissez un point sur ledit axe pour l'extrémité du Style droit, qui représente le centre de la terre ; faites entrer cet axe dans la virole de votre Trigône, en sorte que le point choisi pour l'extrémité du Style droit convienne exactement avec le sommet du Trigône qui représente le centre de l'Equateur & du monde, & ayant arrêté le Trigône par le moyen de la vis qui pressera sur l'axe, faites-le tourner de sorte qu'un de ces plans (car ils doivent être marqués également) se trouve exactement sur les lignes horaires ; étendez la soie F le long des rayons des signes du Trigône, & marquez autant de points sur chaque ligne horaire les uns après les autres. Joignez ces points par des lignes courbes, qui représenteront les Arcs des signes. Enfin vous mettrez un bouton ou petit Soleil à ce point de l'axe, lequel par son ombre marquera sur le Cadran les paralléles des signes ou des arcs diurnes, pendant que l'axe entier fera ombre sur les lignes des heures.

S'il s'agit de tracer un Cadran Septentrional, faites la même chose, excepté que l'opération se fera en-dessous, afin que le centre soit en bas, & retranchez les heures qui sont à supprimer.

On fait les mêmes opérations pour tracer les Cadrans sur les plans inclinés & déclinans.

Construction d'un Sciatére inventé par le P. Pardies Jésuite.

CEt Instrument se fait de cuivre ou autre matiére solide, d'une grandeur arbitraire. Il est composé de quatre principales piéces ; la premiére est une plaque quarrée bien dressée marquée D, que l'on nomme *Plan Horisontal*, parce que dans l'usage il doit être mis horisontalement ou de niveau. Fig. 5.

Il y a au milieu de ce Plan un trou rond, dans lequel est un pivot à l'en-

droit marqué E, ſur lequel doit tourner la ſeconde piéce, que l'on nomme *Plan Méridional*, de ſorte qu'il demeure toujours à angles droits avec le Plan Horiſontal. Au côté & ſur l'épaiſſeur du Plan méridional eſt un plomb ſuſpendu en C, qui ſert à placer l'Inſtrument de niveau. Le haut de cette piéce eſt taillé en Quart-de-cercle concave, qui ſe diviſe en 90 d. en commençant à la perpendiculaire, qui répond au milieu du pivot. Cette piéce eſt fendue par le milieu de ſon épaiſſeur pour recevoir la troiſiéme piéce, qui eſt un demi-cercle, autour duquel on a réſervé une partie excédente, pour entrer dans la fente du Quart-de-cercle, & qui par ce moyen s'engage dans le Quart-de-cercle, avec lequel il fait un même Plan méridional, de maniére qu'il peut tourner en s'inclinant ou ſe dreſſant tant que l'on veut, ſelon les différentes élévations de Pôle. Le diamétre de ce demi-cercle s'appelle l'*axe*, & ſon centre s'appelle ſimplément *le centre* de l'Inſtrument, comme le filet qui en ſort s'appelle *le filet du centre.*

La quatriéme piéce marquée A, eſt un cercle de même matiére, bien dreſſé & d'égale épaiſſeur : il eſt diviſé en 24 parties égales de côté & d'autre pour les 24 h. du jour, dont chacune ſe peut ſubdiviſer en deux ou en quatre, comme étant un *Cadran Equinoxial.* Ce cercle eſt tellement engagé avec le demi-cercle par des entailles, faites moitié dans l'un & moitié dans l'autre, qu'il fait toujours avec lui des angles droits en toutes ſes différentes ſituations; l'une des faces de ce cercle ſe nomme *ſupérieure*, & l'autre *inférieure.*

On trace de part & d'autre ſur le demi-cercle le Trigône des ſignes, dont le ſommet eſt le point A, extrémité du diamétre du cercle Equinoxial, de la maniére que nous l'avons ci-devant expliquée. En marquant ſur les rayons les caractéres des ſignes, & diviſant par la même méthode chaque eſpace en trois, on y pourra graver les premiéres lettres des mois dans les places qui leur conviennent à peu près, en ſuppoſant que l'entrée du Soleil en chaque ſigne ſe fait le 20me jour des mois. On en met 6 ſur le côté oriental, & 6 ſur l'occidental, car chaque ligne eſt toujours pour deux ſignes. Le Tropique de *Cancer* ſe marque en bas, & celui du Capricorne en haut, de même que ſur les Cadrans Verticaux. Quant à la maniére de tracer les heures, les dégrés & les ſignes, elle eſt la même que nous avons expliquée ci-devant.

Uſage.

APrès avoir mis les points d'*Aries* & de *Libra* du demi-cercle & le plan du cercle Equinoxial ſur le dégré de l'élévation du Pôle du pays où l'on veut faire le Cadran, placez la Machine ſur un Plan ſtable & horiſontal, vis-à-vis du mur ou autre ſurface préparée pour y tracer un Cadran.

Tournez-la de ſorte que l'ombre du bord du cercle Equinoxial rencontre ſur l'axe le jour du mois, ou le dégré du ſigne où eſt pour lors le Soleil; cela étant, l'ombre du diamétre du demi-cercle, qui ſert d'axe, marquera l'heure préſente, & alors toute la Machine ſera bien ſituée. Le Plan méridional répondra au Méridien du ciel; le cercle Equinoxial ſera paralléle à l'Equateur celeſte, & l'axe du Cadran à l'axe du monde.

Fig. 1.

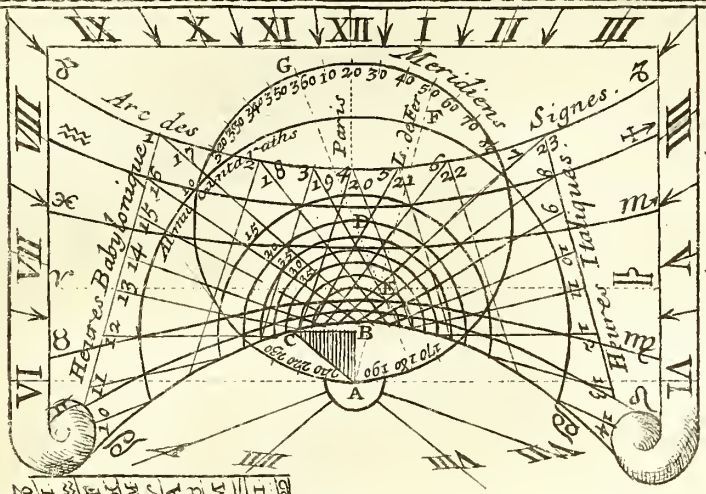


Fig. 2.

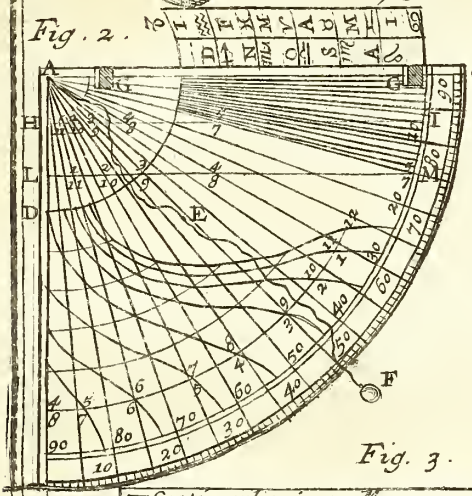


Fig. 3.

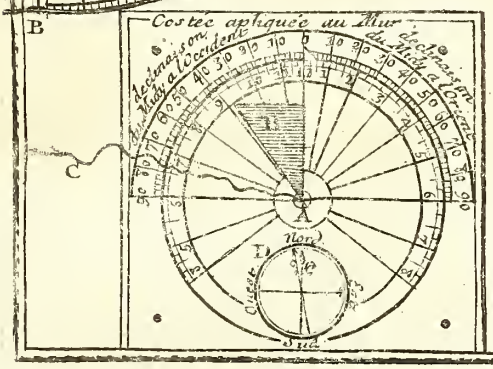


Fig. 4.

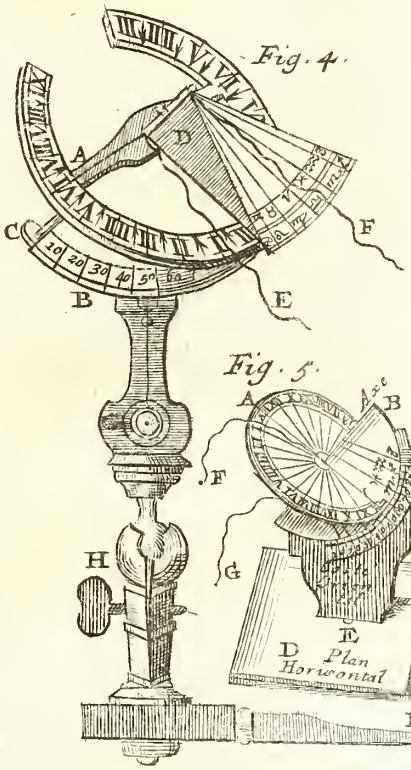
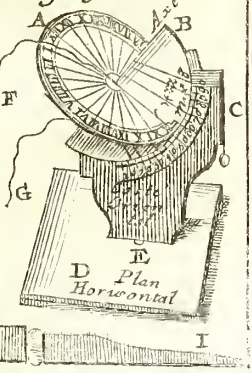


Fig. 5.



Tendez la ſoie qui part du centre le long de l'axe juſqu'à la rencontre du mur, ſoit en haut vers le Pôle Arctique, ſoit en bas vers l'Antarctique; & le point où le filet rencontrera le mur ſera le centre du Cadran. Ce filet ainſi tendu marquera la poſition du Style ou axe; car ſi l'on met une verge de fer au même endroit & dans la même ſituation, l'heure ſera marquée par une ombre étendue, étant cauſée par la longueur de la verge. Si l'on ne veut mettre qu'un Style droit, il n'y aura qu'à planter une verge dans le mur, dont le bout vienne toucher la ſoie tendue au long de l'axe. On peut donner à cette verge la figure que l'on voudra, comme d'un ſerpent ou d'un oiſeau, pourvû que l'extrémité de ſon bec rencontre ladite ſoie; de cette maniére l'heure ne ſera marquée que par l'ombre de l'extrémité du Style.

Pour marquer les heures, étendez le filet du centre ſur le Plan du cercle Equinoxial tout le long des lignes horaires les unes après les autres, juſqu'à la rencontre du mur & marquez-y autant de points; tirez enſuite des lignes du centre par ces points, & vous aurez les lignes des heures.

On pourroit encore marquer les heures pendant la nuit avec la lumiére d'un flambeau ou d'une bougie. Le filet du centre étant étendu au long de l'axe & attaché au mur, tournez le flambeau de ſorte que l'ombre de l'axe marque l'heure ſur le cercle Equinoxial; alors l'ombre du même axe ou du filet tendu marquera ſur le mur la même heure, & il ne faudra que paſſer le crayon tout le long de cette ombre pour marquer la ligne horaire. Changez enſuite le flambeau de place, afin que l'ombre du filet marque une autre heure que vous tracerez de même, & ainſi de toutes les autres. Cette maniére eſt très-bonne, particuliérement lorſque le Plan n'eſt pas plat & uni, comme ſeroit la ſurface convéxe d'une tour ou la concavité d'une niche, où que le centre du Cadran eſt trop éloigné.

Il eſt à remarquer que l'ombre de l'axe marque les heures ſur le Cadran ſupérieur, depuis le 21 de Mars juſqu'au 23 de Septembre, & ſur l'inférieur pendant les autres ſix mois. Il faut toujours que la ſurface du cercle dont on ſe doit ſervir (ſoit la ſupérieure ſoit l'inférieure) raſe & touche le centre du demi-cercle ſans le couvrir.

CHAPITRE V.

Conſtruction & uſages des Cadrans portatifs & autres.

Conſtruction du Globe.

CEtte figure repréſente un Globe ſur lequel ſont tracés les Méridiens ou cercles horaires. On en fait de différentes grandeurs; les grands ſont expoſés dans les jardins & ſe font de pierre ou de bois peint en huile; les petits ſe font de cuivre avec une Bouſſole & peuvent être mis au rang des Cadrans portatifs. XXXI. Planche. Fig. 3.

Pour bien arrondir une boule, de quelque matiére que ce puiſſe être, il faut la tourner au tour ſur pluſieurs centres; & pour ce faire on la poſe ſur un *Mandrin* quarré, qui eſt un Inſtrument de Tourneur fait de bois,

entre lequel on fait tenir les ouvrages délicats qui ne peuvent être tournés entre les pointes : enſuite on la tourne ſur un ſens ; puis on change le Mandrin & on l'applique à l'autre diamétre de ladite boule pour la tourner ſur l'autre ſens ; & répétant cela deux ou trois fois, on aura une boule parfaite, que l'on pourra examiner avec un compas ſphérique.

Les groſſes boules de pierre, qu'on ne peut mettre ſur le tour à cauſe de leur poids, ſe font différemment. Après les avoir dégroſſi au ciſeau ayez un demi-cercle concave de bois ou de cuivre, de même diamétre que la boule propoſée à tailler ; faites tourner le demi-cercle tout autour de la boule, & ôtez avec une râpe tout ce qu'il y a de ſuperflu, juſqu'à ce que le demi-cercle joigne par tout & en tout ſens ; & enſuite vous l'adoucirez avec de la pierre ponce ou de la peau de chien-de-mer, &c.

Le globe étant ainſi bien arrondi & bien uni, il en faut prendre le diamétre avec un compas ſphérique, c'eſt-à-dire, qui ait les pointes courbes. On ouvre ce compas juſqu'à ce qu'il embraſſe exactement la plus grande groſſeur du globe, & vous aurez ſon diamétre repréſenté par la ligne A B, qui eſt diviſée en deux parties égales par le point d'interſection E, de la ligne verticale Z N, dont le point ſupérieur Z repréſente le Zénith, & le point inférieur N le Nadir. Ouvrez ledit compas, arrêtez une de ſes pointes en E, étendez l'autre juſqu'en A ; & de cette ouverture tracez le cercle Méridien A Z B N ; tracez de même du point Z, comme centre, le cercle A E B, qui repréſente l'Horiſon : du point B comptez vers C ſur le Méridien la hauteur du Pôle, comme ici de 49 d : du même point B comptez au-deſſous de l'Horiſon & ſur le Méridien les dégrés du complément de l'élévation du Pôle, qui eſt ici 41 d. afin d'y tracer l'Equateur, en mettant une pointe du compas ſphérique ſur un des Pôles C ou D, comme centre, & l'autre ſur le 90me d. du Méridien.

Mettez pareillement une des pointes du compas ſphérique ſur le 90me d. du Méridien où il eſt coupé par l'Equateur, & de la même ouverture tracez le cercle de 6 h. paſſant par les Pôles C & D ; par ce moyen l'Equateur ſe trouvera partagé en quatre parties égales par le Méridien & le cercle de 6 h. Diviſez enſuite chacune de ces parties en 6, pour avoir les 14 h. du jour naturel, & par chacun de ces points de diviſion, comme centre, tenant le compas toujours ouvert d'un quart-de-cercle, vous tracerez les cercles horaires paſſans tous par les Pôles du monde. Si vous voulez les demi-heures ou les quarts, vous partagerez chaque eſpace en deux ou en quatre. Les chifres des heures ſe gravent autour de l'Equateur, 12 h. au point E, 6 h. ſur le Méridien deſſus & deſſous, & les autres de ſuite en deux fois 12.

Pour y marquer les paralléles des ſignes, comptez depuis l'Equateur ſur le Méridien de part & d'autre, la déclinaiſon de chaque ſigne, ſuivant la Table marquée ci-devant, comme pour les deux Tropiques : Comptez depuis l'Equateur 23 d. 30 m : & des Pôles C & D, décrivez leurs cercles autour du globe. Pour les deux cercles Pôlaires, vous les tracerez à la diſtance de 23 d. 30 m. des Pôles, ou 66 d. 30 m. de l'Equateur.

Le globe ainſi préparé doit être placé ſur un pied proportionné à ſa groſſeur dans un trou fait au Nadir marqué N, éloigné du Pôle du complément de ſon élévation ; c'eſt-à-dire, en cet exemple de 41 d. arrêté fixément & orienté conformément à la Sphére du monde, dans le lieu du jardin où le Soleil luit plus long-tems.

On peut faire auſſi autour du pied de ce globe, qui ſera de groſſeur convenable, un cylindre dont toutes les lignes des ſignes & même des heures, excepté celle de Midi, ſeront des courbes. On verra l'heure ſur ce globe par l'interſection de l'ombre du cylindre avec le paralléle convenable : ou bien un cercle de cuivre ou de fer, qui environne le haut de ce cylindre à diſtance requiſe, ſervira de Style & marquera l'heure par l'interſection de ſon ombre avec celle du cylindre & avec le paralléle convenable du ſigne. Le P. Quenec Bénédictin en a fait un en marbre qu'il a placé dans le jardin de l'Abbaye de ſaint Germain des Prés à Paris. On trouve la conſtruction de cet ouvrage des plus curieux dans le ſecond volume des *Récréations Mathématiques* de Mr Ozanam.

Si c'eſt un petit globe portatif, on placera ſur ſon pied une petite Bouſſole pour l'orienter, toutes les fois qu'on voudra s'en ſervir pour voir l'heure, que l'on y connoîtra ſans Style, & ce par l'ombre du globe même; car l'ombre ou la lumiére occupe toujours la moitié de la convéxité de ce globe, tant que le Soleil l'éclaire, comme ſi c'étoit le globe de la terre. Ainſi la ligne de leur ſéparation étant une circonférence de grand cercle, marque l'heure en deux endroits diamétralement oppoſés. On pourroit orienter ce globe ſans Bouſſole par le moyen des cercles décrits du Pôle Arctique dans l'enceinte du cercle Pôlaire voiſin, par les dégrés de la déclinaiſon du Soleil, ſelon laquelle ſeroit diviſé cet eſpace ; car le tenant ſuſpendu par le Zénith, & l'expoſant au Soleil, juſqu'à ce que le bord de l'ombre du globe, qui eſt un grand cercle, touche exactement le petit cercle marquant la déclinaiſon courante du Soleil ; pour lors cette ombre (que l'on peut appeller également *le bord de l'illumination*) marquera l'heure.

Si l'on deſſinoit ſur le globe les différens pays qui ſont ſur la ſurface de la terre, avec les principales villes, ſuivant leurs Longitude & Latitude, on y verroit à chaque moment, par la moitié illuminée du globe, quels ſont les endroits de la terre qui ſont éclairés du Soleil, & quels ſont ceux qui ſont dans l'obſcurité. L'extrémité de l'ombre feroit connoître les pays où le Soleil ſe leve & ceux où il ſe couche ; ceux qui ont les longs jours, & ceux qui ont les longues nuits. On y diſtingueroit vers les Pôles les endroits qui ont une nuit perpétuelle, & ceux qui ont le jour ſans interruption. Le tout eſt aiſé à comprendre pour ceux qui ont l'intelligence de la Sphére. Ce Cadran eſt le plus naturel de tous, puiſqu'il reſſemble à la terre, & qu'il eſt éclairé comme elle.

On peut encore connoître l'heure ſur le globe par le moyen d'un demi-cercle de cuivre mince, diviſé en deux fois 90 d. qu'on ajuſte par le moyen de deux petites viroles aux deux pôles ou aux deux extrémités de l'axe. Ce demi-cercle que l'on fait tourner avec la main autour du globe, juſqu'à ce qu'il n'y faſſe qu'une ombre perpendiculaire, repréſente le cercle horaire où eſt pour lors le Soleil, & par conſéquent indique l'heure préſente.

Ce demi-cercle étant tourné directement vers le Soleil, & ne faiſant point d'ombre à ſes côtés, montrera ſous ſon épaiſſeur tous les lieux de la terre où il eſt Midi.

Mais en ce cas, 12 h. doivent être marquées ſur le Méridien, & 6 h. aux deux points où l'Equateur coupe l'Horiſon. Ce qui fait qu'on met ordinairement deux rangs d'heures, comme la figure le marque. Ainſi au

meme point E, qui eſt le point oriental du globe, on marque, par exemple, 12 h. & 6 h. à deux fins; car le chifre de 12 h. ſert quand on veut avoir égard à l'heure marquée par l'ombre du globe qui marque Midi en cet endroit, & le chifre de 6 h. (qui eſt là dans ſa place naturelle) y ſert quand on veut que l'heure ſoit marquée par l'ombre du demi-cercle mobile. Les autres chifres des heures ſuivent l'ordre de ces premiers.

Si l'on fait ſortir hors des Pôles du globe deux bouts d'axe, & que les heures ſoient marquées ſur les cercles Pôlaires, ces bouts d'axe ſerviront à connoître l'heure; ſçavoir le ſupérieur pendant les longs jours, & l'inférieur pendant les courts jours.

On rend les petits globes portatifs, univerſels, en y ajuſtant un Quart-de-cercle au-deſſous, pour faire couler le pied ſuivant l'élévation du Pôle du lieu; cela eſt facile à entendre.

Il y a encore beaucoup d'autres uſages qui ſe peuvent pratiquer avec le globe, dont nous ne parlerons point ici, les ayant ſuffiſamment expliqués dans le Livre qui traite de cette matiére.

Conſtruction & uſages du Demi-cylindre concave & convéxe.

Fig. 2. CE Cadran ſe fait de différentes groſſeurs; les petits ſe font de cuivre, & les grands de pierre ou de bois. Il eſt fort curieux, en ce qu'il marque les heures ſans Style. Sa juſteſſe conſiſte en ce qu'il ſoit bien arrondi & bien uni en-dedans comme en-dehors; c'eſt à quoi il faut bien s'appliquer pour le rendre régulier.

Il eſt monté & attaché ſur ſon pied & incliné, comme l'axe du monde, ſur l'Horiſon & tourné droit au Midi, & par conſéquent les lignes des heures & les vives-arrêtes, qui ſervent de Style, ſont toutes paralléles à l'axe du monde.

Le cylindre convéxe entier ſe diviſe en 24 parties égales, ou deux fois 12 h. par des lignes paralléles. Le demi-cylindre concave faiſant un demi-cercle, ſe diviſe en 6 parties égales, qui ſervent depuis 6 h. du matin juſqu'à 6 h. du ſoir. Le Soleil éclairant la moitié du cylindre convéxe, comme il éclaire la moitié du globe, il y marque l'heure par le défaut de lumiére, c'eſt-à-dire, par une ligne qui termine la lumiére & la ſépare de l'ombre.

Au cylindre concave l'heure eſt marquée par une des vives-arretes qui ſert d'axe, de ſorte que le matin, lorſque le Soleil eſt parvenu au cercle de 6 h. la vive-arrête, qui eſt du côté de l'Orient, jette ſon ombre ſur l'arrête oppoſée, & y marque 6 h. & à meſure que le Soleil s'éleve ſur l'Horiſon, l'ombre deſcend & marque l'heure; les heures du matin ſont marquées vers le haut du cylindre, & celles d'après-Midi vers le bas. Lorſque le Soleil eſt arrivé au Méridien, il regarde en face le Cadran, & pour lors il n'y a point d'ombre. Lorſque le Soleil deſcend vers la partie Occidentale, la plus vive-arrête qui eſt du même côté, jette ſon ombre dans la partie oppoſée, & marque les heures d'après-midi juſqu'à 6 h. du ſoir ſur la partie inférieure du cylindre. Si l'on veut les demi-heures & les quarts, il n'y a qu'à doubler les diviſions. Aux petits Cadrans on met une Bouſſole au pied pour les orienter.

Les niches que l'on fait dans les bâtimens, pour y placer des figures, ſont des demi-cylindres concaves perpendiculaires, dans leſquels on trace

quelquefois des Cadrans. On fait ces sortes de Cadrans comme il est encore marqué dans les *Récréations Mathématiques* de Mr Ozanam page 89, à la réserve qu'il faut reculer la ligne de Midi du milieu du cylindre vers les côtés à proportion que le mur décline, de sorte que si le mur regardoit directement l'Orient, une vive-arrête du cylindre concave feroit la ligne de Midi, & il ne resteroit plus que les heures du matin décrites dans la concavité du cylindre sans aucun changement dans les distances des heures entre elles ; le Style étant supposé au centre dudit cylindre. Tel est celui qu'on voit dans une des niches de la cour du vieux Louvre à Paris.

Cependant si l'on vouloit que la ligne de Midi se trouvât précisément au milieu ou de la convéxité d'une colonne appliquée à un mur, ou de la concavité cylindrique d'une niche prise dans un mur déclinant (comme on voit dans les deux Cadrans de l'Hôtel de Condé) on ne pourroit se servir ni de l'ombre du cylindre convéxe, pour tracer l'heure sur le mur ou la connoître, ni d'un Style, dont le bout répond au centre de la concavité de la niche. Par conséquent ce ne seroit plus un Cadran cylindrique exactement parlant ; il n'y auroit pas de moyen plus court & plus précis pour tracer de pareils Cadrans que de se servir d'un des Sciatéres, dont nous avons parlé ci-dessus, ou de la méthode que nous avons proposée en parlant *du Cadran Horisontal mobile*. Ces Cadrans ne doivent plus être considérés comme des cylindriques, mais des irréguliers, dont la seule ligne de Midi sera droite, toutes les autres seront courbes : on y marquera les Arcs diurnes & des signes au moyen d'un Trigône en girouette, comme nous l'avons dit ci-devant. Quand tout y est marqué, on efface le centre, & les parties de lignes qui ne sont pas des lignes comprises entre les deux Tropiques ; on ne laisse que le bout du Style lequel ne répond plus au centre de la niche.

Les bornes étroites que nous nous sommes prescrites ici, ne nous permettent pas de donner une maniére assez juste de tracer un Cadran sur un plan développé de cylindre convéxe ou concave déclinant, par les Verticaux & les hauteurs du Soleil. Il faut beaucoup de discours pour l'expliquer, & encore plus de patience pour l'exécuter.

Du Cylindre Vertical mobile.

CEtte figure représente un Cadran Vertical, tracé sur un Plan développé qui est la surface convéxe d'un Cylindre, par le moyen de la Table des hauteurs du Soleil sur l'Horison à toutes les heures du jour pour la Latitude du lieu où l'on veut construire le Cylindre & de 10 en 10 d. de chaque signe. Fig. 3.

La Table ci-jointe est calculée pour 49 d. de Latitude ou d'élévation de Pôle, qui peut servir dans la construction de ces Cadrans pour Paris & pour les lieux qui ont même élévation ou à peu près.

Nous donnerons ci-après, en parlant du Cadran Azimutal & de l'Analemmatique, une méthode très-facile pour dresser ces Tables pour différentes Latitudes, & pour y marquer les demies & quarts-d'heure.

Table des hauteurs du Soleil dans toutes les heures du jour pour la Latitude de 49 d. & de 10 en 10 d. de chaque ſigne.

Heur.	XII.		XI. I.		X. II.		IX. III.		VIII. IV.		VII. V.		VI. VI.		V. VII.		*He.*
Signes.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	*Sig.*
♋	64	30	61	56	55	19	46	35	37	1	27	10	17	30	8	21	♋
10	64	5	61	33	55	1	46	18	36	42	26	54	17	10	8	4	20
20	63	2	60	31	54	4	45	28	35	5	26	6	16	20	7	12	10
♌	61	12	58	49	52	34	44	7	34	39	24	50	15	6	5	50	♊
10	58	48	56	30	50	29	42	14	32	53	23	6	13	20	3	57	20
20	55	52	53	42	47	57	39	55	30	41	20	57	11	11	1	40	10
♍	52	30	50	30	45	1	37	14	28	10	18	28	8	40	.	.	♉
10	48	51	46	48	41	44	34	13	25	19	15	43	5	54	.	.	20
20	44	58	43	12	38	15	31	0	22	18	12	48	2	59	.	.	10
♎	41	0	39	20	34	37	27	38	19	9	9	47	.	.	.	.	
10	37	2	35	26	30	58	24	15	15	58	6	42	.	.	.	.	20
20	33	9	31	40	27	24	20	55	12	51	3	44	.	.	.	.	10
♏	29	30	28	4	23	58	17	42	9	50	0	54	.	.	.	.	♈
10	26	8	24	46	20	51	14	45	7	6	.	.	.	.	.	.	20
20	23	12	21	52	18	5	12	12	4	43	.	.	.	.	.	.	10
♐	20	48	19	30	15	48	10	3	2	42	.	.	.	.	.	.	♒
10	18	48	17	44	14	6	8	27	1	13	.	.	.	.	.	.	20
20	17	52	16	38	13	3	7	27	0	19	.	.	.	.	.	.	10
30	17	30	15	15	12	42	7	8									♑

Conſtruction & uſage du Cadran Vertical ſur un plan développé.

Fig. 30. DEcrivez ſur une plaque de cuivre ou ſur une feuille de papier ou de carton le Parallélogramme rectangle A B C D, dont la largeur A B, ou C D, eſt à peu près égale à la circonférence du Cylindre, prolongez la ligne A B, pour y marquer la longueur du Style A E, qui déterminera la hauteur du Cylindre Du point E, comme centre & pour rayon E A, faites un arc égal à la hauteur du Soleil à Midi dans le plus long jour d'Eſté. Tirez la ligne occulte E D, qui donnera la hauteur du Cylindre A D. Mais ſi cette longueur étoit donnée pour déterminer la longueur du Style; du point D, comme centre, vous feriez ſur A D un arc égal au complément de la plus grande hauteur Méridienne du Soleil ſur l'Horiſon du lieu propoſé. Si cette plus grande hauteur eſt de 64 d. 30 m., ſon complément ſera 25 d. 30 m. Tirez la ligne occulte D E, qui déterminera la longueur du Style E A, proportionnée à la hauteur du Cylindre.

Diviſez enſuite l'arc A F en dégrés & minutes; & du point E tirez des lignes

lignes occultes par tous les dégrés de l'arc de cercle jusqu'à la ligne A D, pour en faire l'Echelle des hauteurs, qui contiendra les tangentes de tous ces arcs. Cette échelle se pourra encore marquer par les nombres qui leur conviennent dans les Tables des sinus, en supposant le rayon A E de 100 parties égales ou de 1000, selon la grandeur du Cylindre.

Les choses étant ainsi préparées, divisez la largeur A B C D en 6 parties égales pour les 12 signes : par chaque point de division tirez autant de lignes paralléles ; qui représenteront les commencemens des signes du Zodiaque ; subdivisez encore chaque espace en 3 parties égales, afin d'y pouvoir marquer les dégrés de 10 en 10, & par même moyen les commencemens des mois, parce qu'en ces sortes de Cadrans il n'y a pas d'erreur sensible de fixer l'entrée du Soleil en chaque signe au 20 de chaque mois.

Pour marquer les points des heures sur toutes ces lignes les unes après les autres, servez-vous de la Table des hauteurs du Soleil sur l'Horison du lieu ; comme pour marquer 10 h. du matin ou 2 h. après-Midi sur la ligne A D, qui représente le Tropique de *Cancer*.

Vous trouverez dans la Table que le Soleil est élevé sur l'Horison de Paris de 55 d. 19 m. C'est pourquoi vous prendrez avec un compas sur l'échelle des hauteurs A D, la tangente de pareil nombre de dég. & min. ; & cette ouverture étant transportée sur ledit Tropique, vous y ferez un point par où doit passer la ligne horaire proposée. Pour marquer la même heure sur un autre paralléle (comme sur celui du commencement du Lion ou de la fin des Gémeaux) vous verrez dans la Table que la hauteur du Soleil en ce tems-là est de 52 d. 34 m. dont vous prendrez la tangente sur l'échelle des hauteurs, & la marquerez sur ledit paralléle en comptant toujours depuis le haut du Cylindre, c'est-à-dire, en mettant une pointe du compas sur la ligne A B. Vous en ferez de même sur tous les autres paralléles, & même sur leurs divisions de 10 en 10 dégrés, & par tous ces points vous tracerez la ligne horaire courbe de 10 h. du matin, & de 2 h. après-Midi.

Vous en ferez de même pour toutes les autres lignes horaires ; vous joindrez, le mieux qu'il vous sera possible, par des lignes courbes, tous les points qui appartiennent à une même heure, & marquerez les caractéres des signes & les premiéres lettres des mois, comme aussi les chifres des heures, chacun en leur place, comme la figure le montre, alors le Cadran sera achevé.

Vous contournerez ensuite ce Parallélogramme autour du cylindre, en sorte que les lignes qui représentent les deux Tropiques, soient bien paralléles entre elles.

On peut tracer de même les signes & les heures sur les corps mêmes des Cylindres, en traçant les lignes sur le corps rond de même que si c'étoit sur un Plan.

Le Style est attaché à un chapiteau, qui sert d'ornement. Ce Style doit faire l'Equerre avec le Cylindre & il doit être mobile sur la ligne A B, afin de pouvoir le placer sur le dégré du signe ou sur le jour du mois courant.

Ce Cadran étant posé perpendiculairement ou suspendu par un anneau, tournez-le vis-à-vis le Soleil, jusqu'à ce que l'ombre du Style tombe à plomb sur le paralléle du jour ; alors son extrémité marquera l'heure, ou partie de l'heure présente.

On peut encore par cet Inſtrument connoître à toute heure la hauteur du Soleil. Pour cet effet poſez le Style ſur l'échelle des hauteurs, tenez le Cylindre ſuſpendu ou placé horiſontalement, tournez-le de ſorte que le Style ſoit vers le Soleil, pour lors l'extrémité de ſon ombre perpendiculaire marquera la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon.

Ce Parallélogramme peut ſervir auſſi de Cadran ſans être contourné ſur
Fig. 3. un cylindre, en ajuſtant le Style de maniére qu'il puiſſe couler au long de la ligne A B & s'arrêter ſur le paralléle du ſigne ou du jour du mois. Il n'y a qu'à faire une petite fente au haut de la Platine & applatir le pied du Style de maniére qu'il puiſſe couler dans cette fente ſans changer de longueur.

Pour s'en ſervir il faut que ſon plan ſoit bien perpendiculaire, & que la ligne A B ſoit bien de niveau, ce que l'on fait aiſément par le moyen d'un petit plomb dont la ſoie eſt attachée ſur un côté de la platine. Le tenant ainſi d'une main ou ſuſpendu par un anneau, on l'expoſe directement au Soleil, de ſorte que l'ombre du Style ſoit étendue ſur la ligne qui repréſente le paralléle du ſigne ou du mois; & alors ſon extrémité marquera l'heure.

Conſtruction d'un Cadran portatif tracé ſur un Quart-de-cercle.

XXX *Planche.* Fig. 2. CEtte Figure repréſente un *Cadran portatif*, tracé ſur un Quart-de-cercle, & qui ſe fait, auſſi-bien que le cylindre, par le moyen de la Table des hauteurs du Soleil, calculée pour la Latitude du lieu.

Après avoir diviſé en dégrés la circonférence B C du Quart-de-cercle, du centre A tracez une autre circonférence joignant cette diviſion pour repréſenter le Tropique d'Eſté; diviſez à peu-près en trois parties égales le rayon A B; & de l'ouverture A D tracez un arc de cercle pour le Tropique d'Hiver; diviſez l'eſpace D B en 6 parties égales, & du centre A décrivez autant de portions de cercle qui repréſenteront les paralléles des autres ſignes, comme ils ſont marqués ſur le côté A C de ladite figure.

Les heures ſe tracent par des lignes courbes en la maniére ſuivante. Pour trouver, par exemple, le point de Midi ſur le Tropique d'Eſté, ayant trouvé dans la Table que la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon de Paris eſt en ce tems-là de 64 d. 29 m. ſervez-vous d'un filet que vous aurez attaché au centre, ou d'une régle étendue juſqu'à ce nombre de dégrés & minutes gravés ſur la circonférence extérieure, & marqués ſur le Tropique d'Eſté le point de Midi: cherchez enſuite dans ladite Table la hauteur du Soleil à Midi, lorſqu'il eſt à la fin des Gemeaux ou au commencement du Lion; & ayant trouvé 61 d. 12 m., étendez la régle depuis le centre juſqu'à la circonférence ſur pareil nombre de dégrés & minutes, & marquez le point de Midi ſur ce paralléle qui ſert pour ces deux ſignes.

Faites-en de même pour tous les autres paralléles des ſignes, & même pour leurs parties, de 10 en 10 d., ſi le Quart-de-cercle eſt aſſez grand. Joignez tous ces points de Midi par une ligne courbe, depuis un Tropique juſqu'à l'autre, & vous aurez la ligne de 12 h. Faites-en de même pour toutes les autres heures, ajoûtez deux pinules percées d'un petit trou ſur le rayon A C, & le Cadran ſera achevé.

Usage.

ELevez l'Instrument vers le Soleil, en sorte que son rayon entre par les trous des deux pinules G ; ou si au lieu de pinules il n'y avoit qu'une petite pointe au centre A, faites que son ombre soit directement au long de la ligne A C. Pour lors le filet du centre pendant librement avec son plomb & rasant le Plan du Quart-de-cercle, y montrera l'heure à l'endroit où il coupera le paralléle du jour courant.

Vous pourrez aussi passer dans le filet du plomb une petite perle ou tête d'épingle ; en ce cas étendez le filet du centre, & arrêtez la petite perle sur le dégré du signe ou sur le jour du mois ; & le rayon du Soleil entrant par les pinules, le filet & la perle raseront le Plan & indiqueront l'heure présente.

Construction d'un Cadran Rectiligne particulier.

CE *Cadran* que nous appellons *particulier*, à cause qu'il ne sert que pour une élévation de Pôle ou Latitude déterminée, se fait sur une platine bien droite de laiton ou d'autre métail, grande environ comme une carte à jouer & épaisse comme un liard. XXXI Planche Fig. 4.

Pour le construire, tirez premiérement les deux lignes droites A B, C D, se croisantes à angles droits au point E, duquel comme centre & du rayon E C décrivez le cercle C B D, divisez-le en 24 parties égales, commençant du point D ou C ; par les divisions également distantes de D & C, tirez les lignes horaires, qui seront paralléles entre elles & à la ligne A B : D R sera pour Midi, E B pour 6 h. C M pour minuit ; formez le Parallélogramme rectangle P M Q R. Du point de Midi D faites sur la ligne C D un arc égal à l'élévation du Pôle, comme ici de 49 d. ; par l'extrémité de cet arc & par le point D tirez la ligne occulte qui représentera le rayon de l'Equateur, & qui servira à former le Trigône des signes, dont le sommet sera le point D.

Prolongez l'heure du lever du Soleil au plus long jour d'Esté, qui est ici 4 h. Prolongez aussi la ligne de 6 h. jusqu'à ce qu'elle rencontre le rayon de l'Equateur en un point qui sera le centre d'un cercle, dont le diamétre sera perpendiculaire audit rayon & terminé par l'intersection de la ligne de 4 h. du matin. De ce centre & de l'ouverture de son demi-diamétre décrivez un cercle, que vous diviserez (comme nous l'avons expliqué chap. III. de ce Livre) en 12 parties égales, pour former le Trigône des signes. Les deux Tropiques seront aux extrémités de ce diamétre, faisant avec le rayon de l'Equateur chacun un angle de 23 d. 30 m. dont le sommet est le point D. Le Tropique d'Esté doit être dans la partie inférieure, & celui d'Hiver dans la partie supérieure, comme on le voit par la Figure. Faites une petite fente au long de ce diamétre, & faites-y couler une espéce de *curseur*, c'est-à-dire une petite piéce de cuivre qui sert de couliſſe percée au milieu, pour y passer un filet qui porte un plomb, dans lequel vous passerez une petite perle ou tête d'épingle, ensuite vous placerez deux pinules aux extrémités de la ligne P Q.

Usage.

FAites couler le petit curseur & arrêtez le trou qui porte la soie sur le dégré du signe ou sur le jour du mois courant ; faites aussi couler la petite perle ou tête d'épingle au long de la soie, jusqu'à ce qu'elle soit sur le point de 12 h. ; exposez au Soleil la pinule P, & haussez ou baissez le Cadran jusqu'à ce que le rayon du Soleil passe par les deux pinules, & que la soie du plomb rase le Plan. L'endroit des heures où s'arrêtera la perle, marquera l'heure présente.

Construction d'un Cadran Rectiligne universel.

Fig. 5. CE Cadran peut servir pour toutes les différentes Latitudes ou élévations de Pôle. Il se fait sur une platine de cuivre ou d'autre matiére solide bien unie, grande à volonté & épaisse à proportion.

Pour le construire tirez les lignes A B, C D, s'entre-coupantes à angles droits au point E, duquel comme centre décrivez le Quart-de-cercle A F, & le divisez en 90 d. Du point E faites un Triangle des signes suivant la méthode expliquée au Chap. II. Divisez chaque signe de 10 en 10 d. & placez les premiéres lettres des mois aux endroits qui leur conviennent en supposant (comme nous avons déja dit) l'entrée du Soleil en chaque signe le 20 des mois ; par exemple son entrée en ♈, le 20 de Mars ; son entrée dans le ♉, le 20 d'Avril, & ainsi de suite ; ce qui se peut faire sans erreur sensible sur un si petit Instrument. Tirez ensuite du centre E par les divisions du Quart-de-cercle des signes ponctuées jusqu'à la ligne A G pour la diviser en des points, desquels vous menerez des paralléles à la ligne A B, qui feront les différentes Latitudes ou hauteurs de Pôle, que vous tracerez seulement entre les deux Tropiques de 5 en 5 d. Du point B portez de part & d'autre sur la ligne B H les divisions des signes pris au grand Triangle sur la Latitude de 45 d., pour y faire la représentation d'un autre Zodiaque.

Pour tracer les lignes horaires sur ce Cadran, tirez par les divisions du Quart-de-cercle A F de 15 en 15 d., des lignes paralléles à E D, qui est la ligne de 6 h ; le point A est pour Minuit. Transportez avec un compas les mêmes distances depuis la ligne E D allant vers B, qui est le point de Midi. Pour les demi-heures prenez au Quart-de-cercle 7 d. 30 m. & tirez d'autres paralléles entre les lignes des heures.

On peut encore tracer les heures par le moyen d'un cercle, dont le diamétre soit la ligne A B, divisant sa circonférence en 24 parties égales pour les heures, & en 48, pour les demi-heures. Puis tirant des points de division opposés, des lignes paralléles, on aura les heures & demi-heures, comme nous l'avons dit en la construction de l'autre rectiligne.

Du point I comme centre on trace un autre Quart-de-cercle occulte, qu'on divise en 90 d., lesquels se marquent sur le bord extérieur de la platine, comme il paroît en la Figure, où ils sont seulement divisés de 10 en 10 d. & subdivisés de 5 en 5 d. par de petites lignes intermédiaires. Cette division sert à prendre la hauteur du Soleil sur l'Horison, comme nous le dirons ci-après.

On attache au bord supérieur sur la ligne G H deux pinules percées chacune d'un petit trou, pour donner passage aux rayons du Soleil.

La piéce marquée K, est un petit bras ou index, fait de trois lames de laiton attachées l'une sur l'autre par des clous à tête rivés de maniére qu'elles puissent avoir du mouvement à droit & à gauche; au bout pointu, qui est percé d'un fort petit trou, on attache une soie qui porte un plomb dans laquelle on a enfilé une très-petite perle ou tête d'épingle; ce petit bras s'attache sur la platine avec un clou à tête, afin qu'il ait un mouvement à l'endroit marqué K.

Usage.

POur connoître l'heure, ajustez le bout de l'index sur l'intersection que fait la ligne de la Latitude du lieu avec le dégré du signe ou le jour du mois, étendez la soie & faites couler la perle sur pareil dégré du signe au petit Zodiaque, qui est tracé sur la ligne de Midi B I; élevez vers le Soleil la pinule G, de sorte que son rayon passe par les deux trous ou fentes des pinules; pour lors l'endroit où la perle s'arrêtera sur le Plan, sera l'heure présente.

Pour connoître l'heure du lever & du coucher du Soleil en tous les signes du Zodiaque & en toutes les Latitudes marquées sur le Cadran, arrêtez le bout de l'index sur l'intersection de la Latitude du lieu & du dégré du signe; & laissant tomber librement la soie parallèle aux lignes horaires, elle montrera l'heure du lever & du coucher du Soleil. Par exemple le bout de l'index étant arrêté sur l'intersection du signe de ♋ & sur la Latitude de 49 d., alors le filet rasera la ligne de 4 h. du matin & de 8 h. du soir; ce qui fera connoître qu'environ le 20 de Juin le Soleil se leve à Paris à 4 h. du matin, & se couche à 8 h. du soir; & ainsi des autres.

Pour connoître l'élévation du Soleil sur l'Horison, placez le bout de l'index au point I; haussez ou baissez l'instrument de sorte que le rayon du Soleil passe par le trou de la pinule H, & se rende dans l'autre pinule; & la soie tendue par son plomb marquera l'élévation du Soleil sur les dégrés tracés au bord extérieur de la platine.

Toutes ces sortes de Cadrans, qui marquent les heures par les hauteurs du Soleil, ont cela de commode qu'ils n'ont pas besoin de Bousole, mais leur commun défaut, est qu'aux environs de Midi on ne peut sçavoir l'heure juste, si ce n'est par plusieurs observations, qui font connoître si le Soleil hausse ou baisse, & par conséquent s'il est dans la partie orientale ou occidentale.

Construction d'un Cadran Horisontal pour plusieurs élévations de Pôle.

CE Cadran se fait sur une platine de cuivre ou d'autre matiére solide. Il y a une petite piéce de cuivre en forme d'oiseau, dont la partie inférieure est ajustée dans deux petits tenons pour le rendre mobile & le coucher d'un côté ou d'autre. Il est retenu droit par le moyen d'un ressort qui est dessous la platine, & qui la traversant par un petit trou quarré, fait tenir l'oiseau ferme sur son pied. Il y a un Style ou axe qui entre dans l'épaisseur de l'oiseau qui est double; le bout d'en-bas de l'axe entre dans un petit tenon qui est au centre du Cadran, pour donner moyen de le hausser Fig. 9.

ou baiſſer ſuivant la hauteur du Pôle. Il y a ſur le Style un arc de cercle diviſé où les dégrés ſont marqués depuis 35 ou 40 d. juſqu'à 60. On fait une fente au long de la circonférence diviſée, & par le moyen d'une petite goupille rivée paſſant par l'œil de l'oiſeau, on arrête ſon bec ſur le nombre des dégrés, & l'on maintient l'axe à la hauteur du Pôle requiſe. On fait une ouverture circulaire à la platine pour y joindre une Bouſſole attachée en-deſſous par deux vis. L'aiguille & le verre qui la couvre ſe placent de même qu'aux autres Bouſſoles dont nous avons parlé.

La ſurface du Cadran eſt partagée en 4 ou 5 circonférences que l'on diviſe les unes après les autres, pour autant de différentes Lrtitudes, ſuivant quelques-unes des méthodes expliquées ci-devant, dont celle qui ſe fait par le calcul des angles au centre du Cadran eſt la plus en uſage pour ces petites ſurfaces.

On peut encore tracer ces Cadrans par le moyen d'une plate-forme ſur laquelle on aura diviſé divers Cadrans par les régles que nous avons données ci-devant, pour les marquer ſur la plaque par le moyen d'une régle à centre, ayant affermi ladite plaque de maniére qu'elle ne branle point.

La circonférence extérieure, qui eſt diviſée pour 55 d. de Latitude, peut ſervir pour les pays qui ſont compris entre les 58 & 53me d.

La ſeconde, qui eſt diviſée pour 50, ſert pour les pays compris entre le 53 & le 47me d.

La troiſiéme, qui eſt diviſée pour 45, peut ſervir pour les pays compris entre les 47 & 42me d.

La quatriéme, qui eſt diviſée pour 40 d., ſert pour les pays compris entre les 42 & 38me d. de Latitude.

Quand on y met un cinquiéme Cadran pour 35 d., il ſert pour tous les pays compris entre les 37 & les 32. On peut voir ſur une bonne Mappemonde ou ſur un Globe terreſtre les pays où ces Cadrans peuvent ſervir; car celui qui eſt fait pour une Latitude peut ſervir pour tous les pays autour de la terre qui ont une pareille Latitude Septentrionale ou Méridionale. Sous la platine du Cadran on grave une Table des principales villes du monde avec leurs Latitudes, pour y pouvoir faire le choix des circonférences de ce Cadran, en élevant ſon axe ſelon l'élévation du Pôle du lieu où l'on veut s'en ſervir.

Uſage.

POur trouver l'heure, hauſſez ou baiſſez le Style, en ſorte que le bout du bec du petit oiſeau réponde au dégré de l'élévation du pôle du lieu marqué ſur le Style, comme à Paris, vis-à-vis de 49 d. Le Style étant ainſi élevé, placez le Cadran paralléle à l'Horiſon, c'eſt-à-dire, de niveau, tournez-le au Soleil, juſqu'à ce que la pointe Septentrionale de l'aiguille aimantée, marquée ordinairement d'un petit anneau, ſoit arrêtée ſur la ligne de déclinaiſon, où il y a une fleur-de-lis & où eſt écrit *Nord*. Pour lors l'ombre du Style marquera l'heure qu'il eſt ſur la circonférence diviſée pour la Latitude du lieu.

Il faut ſe ſouvenir de ne pas approcher le Cadran d'aucun fer, car il changeroit la direction de l'aiguille aimantée.

Conſtruction d'un Cadran à Anneau.

FAites un cercle bien rond de cuivre ou d'autre matiére ſolide, d'environ deux pouces de diamétre ſur 4 à 5 lignes de largeur, d'une épaiſſeur convenable pour ne pas ſe forcer. Marquez à volonté ſur la circonférence le point A, où il y ait un petit trou ; du point A, comme centre, décrivez un Quart-de-cercle diviſé en 90 d. cherchez dans la Table des élévations du Soleil, ſa hauteur pour chaque heure du jour des Equinoxes ſur l'Horiſon du pays, leſquels vous marquerez par le moyen du Quart-de-cercle, en tirant des lignes du centre A juſqu'à la ſurface concave de l'Anneau, & ce Cadran ſera bon pour le tems des Equinoxes, le ſuſpendant par l'anneau B, en ſorte que la ligne A D ſoit à plomb. Fig. 7.

On pourra le faire ſervir pour les autres tems de l'année, ſi l'on rend le le trou A mobile. Pour cet effet coupez les arcs A E, A I de 23 d. pour les ſignes du ♉, ♍, ♏ & ♐, Taureau, de la Vierge, du Scorpion & des Poiſſons, A F, A K de 40 d. 26 m. pour les ſignes de ♊, ♌, ♒ & ♑, c'eſt-à-dire, des Gemeaux, du Lion, du Verſeau & du Sagittaire. Enfin les arcs A G, A L de 47 d. pour les ſignes de ♋ & ♑, c'eſt-à-dire de l'Ecreviſſe & du Capricorne. On prend le double de la déclinaiſon des ſignes, parce que les angles à la circonférence ne ſont que moitié des angles au centre ; vous aurez par ce moyen ſur la ſurface convexe de l'Anneau une eſpéce de Zodiaque, y marquant les ſignes chacun en leur place, ou bien les premiéres lettres des mois, afin de pouvoir mettre le trou A ſur le dégré du ſigne ou le jour du mois courant. Il faut auſſi décrire dans la ſuperficie concave de l'Anneau ſept cercles ; celui du milieu ſera pour l'Equateur, & les autres pour les autres paralléles.

Des points A, E, F, G, I, K, L, comme centres, faites autant de Quarts de 90 d. ſur leſquels vous marquerez pour chaque ſigne les hauteurs du Soleil à chaque heure ; & prolongeant les rayons juſqu'aux circonférences, vous y marquerez des points, & joindrez par une ligne courbe tous ceux qui appartiennent à une même heure.

On peut tracer à part ces diviſions, & les rapporter enſuite ſur cet Anneau en prenant les mêmes diſtances avec un compas.

Uſage.

PLacez le trou mobile ſur le dégré du ſigne, où eſt le Soleil ; tenez l'Anneau ſuſpendu & le tournez au Soleil, de ſorte que ſon rayon paſſant par le trou, tombe ſur la circonférence convenable du ſigne, alors il y marquera l'heure préſente.

Décrire les heures ſur une autre ſorte d'Anneau.

LE Parallélogramme A B C D, repréſente cet Anneau étendu & développé, afin d'y marquer les heures avant de le contourner en cercle. Fig. 9.

Il eſt fait d'une lame de laiton ou d'autre matiére ſolide, de longueur proportionnée à la grandeur qu'on veut donner à l'Anneau, large au moins de 4 à 5 lignes & d'une épaiſſeur proportionnée, & dont les extrémités Fig. 8.

A C, B D, ſont coupées à angles droits. Des points C & D, faites deux Quarts-de-cercle; diviſez-les en 9 parties égales; de chaque diviſion oppoſée tirez les paralléles des ſignes, la ligne C F D ſera pour ♈ & ♎, le Belier & la Balance, A E B pour les deux Tropiques, les autres ſont pour les autres ſignes placés ſuivant leur ordre. Diviſez toute la longueur en deux également par la ligne E F; tracez à part la ligne G H égale à A E pour en faire une échelle, que vous diviſerez en neuf parties égales, dont chaque partie ſera ſubdiviſée en 10, par des petits points pour faire en tout 90 parties égales, répondantes aux 90 d. d'un Quart-de-cercle. Prenez dans la Table les dégrés de hauteur du Soleil ſur l'Horiſon du pays à chaque heure du jour des Solſtices & des Equinoxes; par exemple, pour Paris (où la hauteur Méridienne du Soleil étant au premier point de ♋, eſt de 64 d. 29 m.) prenez avec un compas ſur l'échelle G H 64 parties & demie; portez cette ouverture ſur la bande de laiton depuis E de part & d'autre juſqu'à I & K, & de même du point F juſqu'à L & M; joignez les points I L, K M par des lignes droites; prenez enſuite en la Table pour une heure & 11 h. au Solſtice d'Eſté 61 d. 54 m. c'eſt-à-dire, un peu moins de 62 ſur l'échelle, que vous porterez ſur le Cadran de K vers E; prenez auſſi 41 d. ſur l'échelle pour le point de Midi des Equinoxes, que vous porterez de M en O & de L en N pour 12 h.; prenez de même 39 d. 20 m. pour le point d'une heure & d'onze, que vous porterez ſur la même ligne des mêmes points M & L; des points de la même heure des Solſtices & des Equinoxes tirez des lignes droites; pour le Tropique du Capricorne, prenez ſur l'échelle G H 17 d. ½, hauteur Méridienne, que vous porterez de I en P; pour une heure, & pour 11 prenez 16 d. 17 m. que vous porterez de I vers P; & ainſi de toutes les autres heures qui ſeront repréſentées par des lignes droites.

Mais ſi pour plus grande juſteſſe vous prenez en la Table les nombres qui conviennent aux différentes hauteurs du Soleil en chaque ſigne, & même de 10 en 10 d. vous aurez ſur les paralléles des points qui étant joints enſemble, formeront des lignes courbes pour les lignes horaires, & en ce cas le Cadran en ſera plus régulier & plus juſte.

Vous écrirez le nombre des heures aux deux côtés, comme auſſi les caractéres des ſignes & les premiéres lettres des mois, chacuns en leur place, comme la figure le montre. Au milieu des lignes I L., K M, aux points R & S, percez deux petits trous en dedans, s'élargiſſans en dehors de l'anneau, pour mieux recevoir le rayon du Soleil.

Arrondiſſez enſuite cette lame, ſoudez les deux extrémités enſemble; mettez au milieu de la jointure un petit bouton avec un anneau, de ſorte que le tout ſoit bien en équilibre. Il faut pour cela le tourner en dehors.

Uſage.

TEnez l'anneau ſuſpendu & tournez le trou qui convient au tems courant vers le Soleil, de ſorte que ſon rayon tombe ſur le paralléle du jour; alors l'heure y ſera marquée par un point de lumiére.

Le trou S ſert depuis le 21 Mars juſqu'au 23 Septembre, & le trou R pour les autres ſix mois.

On écrit ſur la ſuperficie convéxe de l'anneau près les petits trous; par exemple,

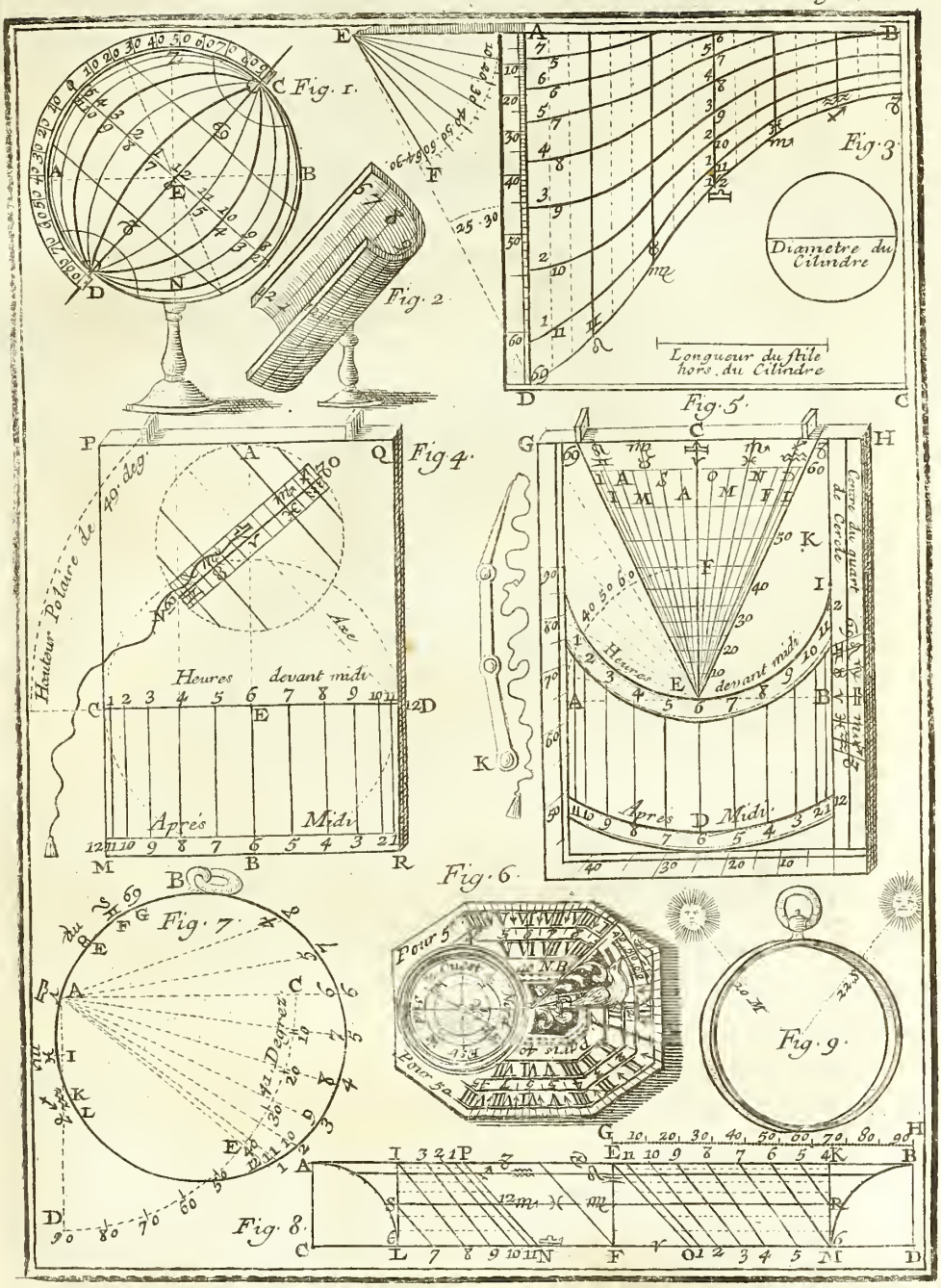


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Diametre du Cilindre
Longueur du stile hors du Cilindre
Fig. 4.
Hauteur Polaire de 49. deg.
Axe
Heures devant midi
Après Midi
Fig. 5.
Centre du quart de Cercle
Heures devant midi
Après Midi
Fig. 6.
Pour 5
Pour 5a
Fig. 7.
Degrez
Fig. 8.
Fig. 9.

exemple, ſur celui S, 21 *Mars*, & ſur celui R, 23 *Septembre*, comme la figure 9 le montre. Ces deux derniers Cadrans ne ſont propres que pour une élévation de Pôle.

Conſtruction de l'Anneau ou du Cadran Aſtronomique univerſel.

CEt Inſtrument (dont l'uſage eſt de marquer l'heure par un rayon du Soleil, en quelque endroit de la terre que l'on puiſſe ſe trouver) ſe fait de cuivre ou d'autre métail. Il eſt compoſé de deux cercles plats, tournés en dedans comme en dehors. L'extérieur marqué A, repréſente le Méridien du lieu où l'on eſt; il porte deux diviſions de 90 dég. diamétralement oppoſées, dont l'une ſert depuis notre Pôle Septentrional juſqu'à l'Equateur, & l'autre depuis l'Equateur juſqu'au Pôle Méridional. *XXXII Planche. Fig. 1.*

Le cercle intérieur repréſente l'Equateur. Il doit tourner bien juſte dans l'extérieur par le moyen de deux pivots ou goupilles qui traverſent les deux cercles par des trous diamétralement oppoſés l'un à l'autre aux points de 12 h.

Il ſe fait de ces Cadrans depuis deux juſqu'à ſix pouces de diamétre, & même plus grands. Les cercles ſont larges & épais à proportion de leur grandeur. Au milieu de ces cercles eſt une régle ou lame mince avec un curſeur marqué C, compoſé de deux petites piéces qui coulent dans une ouverture faite au milieu de cette lame, & qui ſont retenues par deux petites vis; il y a un fort petit trou percé au milieu de ce curſeur pour recevoir le rayon du Soleil. La ligne du milieu de cette régle peut être conſidérée comme l'axe du monde, étant perpendiculaire au plan du cercle qui repréſente l'Equateur & les extrémités comme les deux Pôles. On y marque d'un côté les ſignes du Zodiaque avec leurs caractéres, & de l'autre côté les quantiémes & les noms des mois, ou ſeulement leurs premiéres lettres. On les place ſuivant le rapport qu'ils ont avec les ſignes. On diviſe les ſignes de 10 en 10 d. ou même de 5 en 5, ſelon leur déclinaiſon, & ce par le moyen d'un Trigône déja tout diviſé & dont l'extrémité du rayon de l'Equateur, c'eſt-à-dire, l'angle du ſommet eſt à l'intérieur du cercle Equinoxial, comme au point F. Les deux piéces marquées D, ſont pliées à l'Equerre, pour réunir les deux cercles l'un dans l'autre : elles ſont auſſi percées en-deſſous pour tenir l'axe. Ces deux piéces ſont attachées avec deux vis au cercle extérieur; il y en a une à un côté du cercle & une autre à l'autre côté, auſſi-bien que les deux piéces marquées E, pour ſervir d'appui au cercle Equinoxial, & maintenir les deux cercles ouverts à angles droits.

Nous ne répétons pas la maniére de diviſer le Quart-de-cercle en dégrés; & le cercle Equinoxial en heures, demies heures & quarts d'heure, l'ayant expliqué ſuffiſamment ailleurs. Nous dirons ſeulement que toutes les diviſions du cercle Equinoxial doivent être tracées ſur l'épaiſſeur concave dudit cercle, ce qui ſe fait par le moyen d'une piéce d'acier pliée en équerre ſelon la courbure du cercle.

Il y a une rainure au bord extérieur des deux côtés du cercle Méridien pour faire couler le pendant G, lequel eſt plié par ſes extrémités qui entrent dans ladite rainure.

Les deux côtés de cette piéce ſont applatis pour appuyer ſur l'épaiſſeur

convéxe du cercle, & font reſſort pour faire tenir le pendant ferme ſur tous les dégrés de la diviſion. Le bouton, où eſt paſſé l'anneau de ſuſpenſion, eſt rivé au milieu de ladite piéce, de maniére qu'il tourne fort librement; le tout afin que l'inſtrument puiſſe être ſuſpendu bien perpendiculairement, car c'eſt une des principales circonſtances pour la juſteſſe de cet inſtrument.

Uſage.

PLacez la petite ligne tracée au milieu du pendant, ſur le dégré de Latitude du pays où vous êtes, par exemple, pour Paris à 49 d. mettez enſuite la ligne qui traverſe le petit trou du curſeur de la régle, ſur le dégré du ſigne ou ſur le jour du mois courant; ouvrez l'Inſtrument de maniére que les deux cercles ſoient à angles droits, & le tenant ſuſpendu par l'anneau, tournez le plat de ladite régle vis-à-vis le Soleil, en ſorte que ſon rayon paſſant par la petite ouverture du curſeur, tombe préciſément ſur la ligne tracée au milieu de l'épaiſſeur du cercle intérieur qui repréſente l'Equateur. Pour lors le rayon ou point lumineux marquera l'heure préſente dans la concavité de ce cercle; & dans cette diſpoſition la ligne du milieu du Zodiaque, c'eſt-à-dire, de la régle ſur laquelle ſont marqués les ſignes, ſera paralléle à l'axe du monde.

Ce Cadran ne peut marquer l'heure de Midi, parce que ſon cercle extérieur ſe trouvant dans le plan du Méridien, empêche le rayon du Soleil de paſſer juſqu'à l'Equateur; ni les heures au tems des Equinoxes, parce que pour lors les rayons du Soleil ſont paralléles au plan du cercle Equinoxial; enſorte que, au premier cas ce Cadran eſt ſans uſage environ une heure chaque jour, moitié avant & moitié après-Midi; & au ſecond cas, il l'eſt pareillement pendant quatre jours par an, depuis le 20 juſqu'au 22 Mars, comme depuis le 20 juſqu'au 22 Septembre.

Conſtruction d'un Anneau Aſtronomique à trois cercles.

Fig. 2. CEt Inſtrument-ci ne différe du précédent, que par le 3me cercle qui porte la déclinaiſon du Soleil. Le cercle A repréſente le Méridien du lieu où l'on s'en ſert; le cercle B, l'Equinoxial, & le cercle D, qui tourne juſte dans ledit Equinoxial, fait le même effet que la régle qui porte les diviſions du Zodiaque, & qui repréſente l'axe du monde dans le précédent Inſtrument. Les deux extrémités de ſon diamétre (qui ſont les deux points de ſa circonférence, par où il eſt attaché au Méridien) répondent aux deux Pôles du monde. Aux parties oppoſées D, on marque un double Trigône de ſignes ſur la circonférence de ce cercle, dont le centre eſt le ſommet où ſe réuniſſent tous les rayons. Les arcs de chaque ſigne ſe ſubdiviſent de 10 en 10, ou de 5 en 5 dégrés, auſquels on peut joindre les jours des mois correſpondans. Nous ne répétons pas la maniére de tracer toutes ces diviſions, étant les mêmes que celles de l'autre Anneau Aſtronomique.

L'alidade E eſt attachée au centre du cercle intérieur; il y a deux pinules rivées aux extrémités de l'alidade, percées chacune d'un fort petit trou pour recevoir le rayon du Soleil.

Les Cadrans compoſés de cette maniére marquent l'heure de Midi,

parce que l'alidade eſt hors du plan du cercle Méridien. Quand on le fait grand, comme de 9 à 10 pouces de diamétre, on diviſe le cercle Equinoxial de 2 en 2 minutes, ou de 5 en 5, pour faire des obſervations exactes.

Il y a un pendant comme à l'autre Cadran, qui entre dans la rainure du cercle Méridien pour le faire couler ſur le dégré de Latitude du lieu. On ajoûte quelquefois à cet Inſtrument un pied à peu près comme celui d'une Sphére, qu'on fait couler ſur le dégré de l'élévation; & pour lors il ſe place ſur un Plan Horiſontal. On y joint une Bouſſole, par le moyen de laquelle on oriente cet Inſtrument & l'on connoît exactement la déclinaiſon de l'aimant.

Uſage.

PLacez la petite ligne, qui eſt au milieu du curſeur du pendant F, ſur le dégré de l'élévation du Pôle du lieu où vous faites l'obſervation, & la ligne de foi de l'alidade ſur le jour du mois ou ſur le dégré du ſigne que le Soleil parcourt.

Le cercle Equinoxial étant ouvert à angles droits avec le Méridien, & tenant l'Inſtrument ſuſpendu, hauſſez ou baiſſez le cercle inférieur, en ſorte que le rayon du Soleil paſſe par les trous des deux pinules. Alors la ligne, qui eſt tracée au milieu de l'épaiſſeur convéxe dudit cercle, montrera l'heure ou partie de l'heure tracée au milieu de l'épaiſſeur concave du cercle Equinoxial; & cela à toutes les heures du jour.

La méme choſe ſe fera lorſque l'Inſtrument ſera poſé horiſontalement ſur un pied; & alors on fera les obſervations plus commodément.

Conſtruction d'un Cadran Horiſontal incliné univerſel & d'un Equinoxial.

CE Cadran eſt compoſé de deux platines de laiton ou autre matiére; l'inférieure marquée A eſt évuidée vers le milieu pour recevoir une Bouſſole ordinaire, qui eſt attachée en-deſſous avec des vis; l'autre platine B eſt mobile par le moyen d'une charniére attachée à l'endroit marqué C. Au long du côté Septentrional du Cadran on trace ſur la platine ſupérieure un Cadran Horiſontal, diviſé pour une latitude plus grande qu'aucune de celles où l'on veut le faire ſervir, & l'on y met un Style proportionné à cette hauteur; car en l'élevant par le moyen du Quart-de-cercle D, le Plan Horiſontal aura toujours moins de latitude, ou le Pôle y ſera moins élevé qu'il n'étoit dans le lieu pour lequel il a été fait. Fig. 3.

On ne met ordinairement qu'une portion de cercle depuis l'Equateur juſqu'à 60 d. qui doivent être marqués au bas de la portion du cercle. Le Cadran Horiſontal ſe trace en ce cas pour cette élévation de Pôle de 60 d. Cette portion de cercle eſt attachée par deux petits tenons, & ſe couche ſur la platine inférieure, auſſi-bien que le Style ſur l'extérieure, & ils ſont retenus droits par le moyen d'un petit reſſort qui eſt ſous chaque plaque. Si l'on veut ſe ſervir d'un Cadran Horiſontal (fait pour une élévation particuliére de Pôle) dans d'autres pays de moindre Latitude que celle du lieu pour lequel il a été conſtruit, c'eſt-à-dire, lui faire marquer exactement l'heure dans des lieux plus Méridionaux; la charniére en ce cas ſera du côté Septentrional du Cadran, & le Quart-de-cercle ſera attaché au côté

oppoſé, comme on voit dans l'exemple de ce Livre : Et pareillement ſi l'on veut connoître l'heure par le moyen d'un Cadran Horiſontal diviſé pour une certaine élévation de Pôle, dans des pays de plus grande Latitude que celle du lieu pour lequel il a été conſtruit, c'eſt-à-dire, dans des lieux plus Septentrionaux, la charniére ſera du côté Méridional du Cadran par où elle tiendra auſſi au côté Méridional de la platine de la Bouſſole ; & le Quart-de-cercle ſera alors du côté oppoſé à celui où eſt la charniere.

De cette maniére on pourroit rendre univerſel tel Cadran Horiſontal qu'on voudroit, fait pour une Latitude quelconque ; comme celle de Paris qui eſt de 49 d. & alors la platine de ce Cadran ſeroit garnie de deux charniéres, une au côté Septentrional, & l'autre au côté Méridional pour le beſoin que l'on pourroit avoir de l'un ou de l'autre côté ; afin qu'étant attachée au côté de même nom de la platine de deſſous, elle pût être élevée ou baiſſée, ſoit d'un côté ou d'un autre, ſelon qu'il le faudroit pour des lieux plus Méridionaux ou Septentrionaux que celui pour lequel auroit été fait le Cadran : obſervant toujours dans ces différens cas, que l'angle de l'élévation de la platine du Cadran, ſur la platine Horiſontale de deſſous qui porte la Bouſſole, ſoit de la quantité des dégrés de la différence des deux hauteurs de Pôle du lieu du Cadran & du lieu où l'on veut le faire ſervir, & le Quart-de-cercle attaché au côté oppoſé à celui où eſt la charniére de jonction des platines, c'eſt-à-dire, celle ſur laquelle roule leur mouvement. La figure fait aſſez connoître le reſte de la conſtruction de ce Cadran.

Uſage du Cadran Horiſontal incliné.

ELevez la platine ſupérieure ſelon les dégrés de la différence entre la hauteur du Pôle ſur le Cadran & la hauteur du Pôle ſur l'Horiſon du lieu où vous êtes, par le moyen de la diviſion du Quart-de-cercle.

L'aiguille aimantée étant arrêtée ſur ſa ligne de déclinaiſon, & le Cadran placé horiſontalement, l'ombre de l'axe marquera l'heure juſte qu'il eſt.

On grave ſous ces deux platines les noms des principales villes avec leur Latitude, pour épargner la peine de les chercher dans les Cartes Géographiques.

Les Cadrans Equinoxiaux ſe rendent univerſels par tout le monde de la même maniére, mais en ce cas il faut un Quart-de-cercle entier. La platine ſupérieure ſe fait pour l'ordinaire en forme de cercle évuidé que l'on diviſe en 24 parties égales pour les heures, & que l'on ſubdiviſe en deux pour les demi-heures, & en quatre pour les quarts. Toutes ces diviſions ſe tracent auſſi dans la concavité du cercle.

Il y a une piéce qui traverſe le cercle & qui porte le Style droit qui ſe tient ferme au milieu du cercle, par le moyen d'un petit reſſort qui eſt attaché ſous le cercle, qui par ce moyen donne la liberté au Style droit de ſe lever au-deſſus de ce cercle, & de s'abaiſſer en-deſſous ; & quand le Cadran Equinoxial eſt tracé ſur une platine, on ſe ſert de la petite piéce marquée F, qu'on met au centre, & qui ſert de Style ; la partie ſupérieure du Cadran marque les heures depuis le 22 Mars juſqu'au 23 Septembre, & ſa partie inférieure les marque pendant les ſix autres mois de l'année.

Nous n'avons pas jugé à propos d'en mettre ici la figure, à cauſe de ſa reſſemblance avec celle de l'Horiſontal incliné, & qu'on peut aiſément ſe l'imaginer par le diſcours, en ſuppoſant un Cadran Equinoxial au lieu d'un Horiſontal.

Usage de l'Equinoxial.

IL faut mettre le bord de la platine ou du cercle sur le dégré d'élévation du Pôle par le moyen du Quart-de-cercle, & le Cadran étant bien orienté avec la Bousſole, l'ombre du Style marquera l'heure préſente en tout tems, même pendant les Equinoxes, à cauſe que les diviſions des heures ſont continuées juſques dans la concavité du cercle, lequel eſt coupé par le haut.

Conſtruction d'un Cadran Azimutal.

CE Cadran eſt nommé *Azimutal*, parce qu'il ſe fait ordinairement par le moyen des Azimuths ou cercles verticaux du Soleil au fond d'une Bouſſole, ſur une platine de cuivre ou d'autre matiére ſolide, paralléle à l'Horiſon. Tirez la ligne A B pour la Méridienne, ſur laquelle décrivez un cercle à volonté. Nous n'en faiſons ici que la moitié pour les heures du matin; celles de l'après-midi ſe tracent de la même maniére. Diviſez ce cercle en dégrés, commençant du point A, qui eſt le point Septentrional de la Méridienne; diviſez en trois le Demi-diamétre A C, dont les deux tiers A D ſeront partagés en ſix intervalles pour y tracer du centre C des circonférences qui repréſenteront les paralléles des ſignes du Zodiaque; la circonférence H, ſera pour le Tropique d'Eſté, & la plus proche du centre pour le Tropique d'Hiver; chacune des autres ſera pour deux ſignes également diſtans des Tropiques, comme on voit par la figure 4. Fig. 4.

On pourra encore tracer les paralléles des ſignes, en faiſant ſur la ligne H D un demi-cercle, que l'on diviſera en ſix arcs égaux, d'où abaiſſant autant de lignes ponctuées paralléles ſur H D, elle ſe trouvera diviſée en parties inégales, & par ces points de diviſion on tracera du point C, comme centre, des circonférences qui feront les intervalles des paralléles des ſignes inégaux.

Pour marquer les lignes horaires ſervez-vous de la Table ci-après, ſupputée pour les complémens au premier Vertical pour la Latitude de 49 d. parce qu'au lieu de compter la diſtance des Azimuths depuis le premier Vertical on les compte ici depuis le Méridien. Pour marquer, par exemple, le point d'une heure après-Midi ou d'onze heures ſur le Tropique de *Cancer*, vous trouvez que l'Azimuth du Soleil en ce tems-là eſt éloigné du Méridien de 30 d. 17 m. & qu'au commencement du ſignedes Gémeaux, ou à la fin du ſigne du Lion, l'Azimuth où ſe trouve le Soleil à la même heure, eſt de 27 d. 58 m. & ainſi des autres; c'eſt pourquoi mettez une régle au centre C, & ſur le 30 d. 17 m. de la circonférence extérieure, diviſée pour marquer ſur le Tropique d'Eſté, le point d'onze heures du matin; tournez la régle autour du centre du Cadran & l'arrêtez ſur le 27 d. 58 m. pour marquer ſur le paralléle des Gemeaux & du Lion le point d'onze heures; mettez la régle ſur le 23me d. 30 m. pour le paralléle du Taureau & de la Vierge, ſur le 19me d. 33 m. pour le jour des Equinoxes, & ainſi des autres, conformément à la Table. Joignez tous les points d'une même heure par des lignes courbes bien adoucies & ne faiſant aucun angle, qui ſeront les lignes horaires.

Pour marquer les heures d'après-Midi, prenez avec un compas les mêmes diſtances ſur chaque paralléle, & les tranſportez de l'autre côté de la Mé-

ridienne, parce que les Azimuths des heures également distantes de Midi, font des angles égaux avec la Méridienne.

L'aiguille aimantée étant placée sur son pivot, il faut la couvrir d'un verre comme aux Boussoles ordinaires.

Usage.

TOurnez vers le Soleil le côté B du Cadran, jusqu'à ce que le Style planté en ce point perpendiculairement sur la ligne de Midi, fasse ombre tout le long de cette ligne. L'aiguille aimantée étant arrêtée Nord & Sud, marquera l'heure qu'il est par l'intersection du dégré du signe courant, si l'aimant n'a point de déclinaison.

Mais à présent que l'aimant décline du Nord à l'Oueſt environ 17 d, on place le Style sur la ligne de déclinaison K I au point E, & l'on a égard à l'ombre du Style sur ladite ligne de déclinaison; alors l'erreur que pourroit faire la déclinaison de l'aimant sera rectifiée par ce moyen.

Table des Verticaux du Soleil depuis le Méridien à chaque heure du jour, pour la Latitude de 49 dégrés.

Heures.	XI. I.		X. II.		IX. III.		VIII. IV.		VII. V.		VI. VI.		V. VII.		IV. VIII.	
Signes.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
♋	30	17	53	40	70	30	83	57	95	20	105	56	116	28	127	26
♌ ♊	27	58	50	33	67	34	81	6	92	45	103	35	114	56		
♍ ♉	23	30	43	52	60	29	74	17	86	21	97	36				
♎ ♈	19	33	37	25	52	58	66	57	78	34						
♏ ♐	16	42	32	25	46	30	59	28	71	12						
♑ ♒	14	56	29	11	42	23	54	26								
♑	14	19	28	2	40	48										

Méthode de dresser les Tables des hauteurs & des Verticaux du Soleil à toutes les heures du jour, à tous les jours de l'année & pour telle Latitude qu'on voudra.

XXXII. Planche. Fig. 5.

CEtte méthode est toute fondée sur des opérations qu'on fait avec la régle & le compas dans la projection Orthographique des cercles de la Sphére, lesquelles opérations sont d'autant plus justes que le Plan de projection est plus spacieux. On appelle *projection orthographique* de la Sphére la représentation de tous ses cercles dans le plan de l'un des grands, comme il est ici marqué A B C D, qu'on suppose d'un pied de diamétre pour la plus grande facilité.

Ce cercle A B C D est pris pour le Méridien du lieu pour lequel on travaille, le point C est celui de Midi, D Nord, A Zénith, B Nadir, & le point E centre du cercle pour les points Est & Oueſt : la ligne C D l'Horison du lieu. Cette projection en laquelle l'œil est supposé à une distance

infinie en Oueſt, a cet avantage que tous les cercles de la Sphére y ſont décrits les uns par des lignes droites, les autres par des cercles, & que ces lignes & ces cercles ſe diviſent aiſément en leurs dégrés & minutes par le compas & la régle. Les Triangles ſphériques du globe y ſont en partie changés en rectilignes, & peuvent être calculés par la Trigonométrie rectiligne. Afin de ne pas multiplier en vain les figures, nous nous ſervirons de la figure 5me planche 23me déja deſtinée à d'autres fins. Soit donc à dreſſer une Table des hauteurs du Soleil à toutes les heures de différens jours pour la Latitude de 49 d. Comptez de C en G 41 d. du côté du Midi pour la hauteur de l'Equateur, & tirez du centre la ligne G E qui le repréſente. De G en H comptez 23 d. & demi pour le premier dégré ou Tropique de *Cancer* vers le Zénith A; & de H tirez une paralléle à G E qui repréſentera le paralléle du Solſtice d'Eſté. De l'autre côté de G en I comptez encore 23 d. & demi pour le premier dégré ou Tropique du Capricorne, & tirez de I une paralléle à G E qui repréſentera le paralléle du Solſtice d'Hiver, & ainſi des autres paralléles des ſignes & de leurs dégrés, ayant égard à leur déclinaiſon de l'Equateur vers le Nord ou vers le Sud. Du point E comme centre, comptez de D en F la hauteur du Pôle de 49 d. Nord, & tirez par E & F l'axe du monde. Toutes les lignes paralléles à l'Equateur G E, qui viendront couper l'Horiſon C D marqueront par leurs interſections le point du lever & du coucher du Soleil, ſes Amplitudes orientales & occidentales, la longueur des jours & des nuits; quand le Soleil ſera en ces paralléles, en diviſant cet Horiſon en dégrés comme nous le dirons par la ſuite.

On veut, par exemple, dreſſer une Table des hauteurs du Soleil à toutes les heures du jour au premier dégré d'*Aries*, c'eſt-à-dire, au 20 Mars, comme on l'apprend des Tables ci-deſſus pages 257 & ſuivantes. Diviſez le Quart-de-cercle G F de 15 en 15 d. pour chaque heure, & de 7 d. & demi en 7 d. & demi pour les demies, ſi l'on veut. De ces diviſions b, ſb, g, ct, d, F, tirez à l'Equateur ou paralléle du premier dégré d'*Aries* autant de perpendiculaires. Pour ne pas embarraſſer la figure, nous ne marquerons que les perpendiculaires d, z, F E, pour les derniéres heures du jour 5 & 6 h. du ſoir, & 6 & 7 h. du matin, ces lignes d, z, F E & autres tirées ſur G E diviſent l'Equateur GE en ſes dégrés & heures. Du point z tirez une paralléle à C E; ſon interſection avec le cercle C A D diviſé en ſes dégrés & minutes à compter de C vers A, marquera le dégré de la hauteur du Soleil à 7 h. du ſoir & 5 h. du matin le 21 Mars, ou quand le Soleil ſera au premier dégré d'*Aries* & de *Libra*, ſous la Latitude de 49 d. Nord. Vous en ferez de même des points b, ſb, g, ct, pour avoir les hauteurs du Soleil à 1, 2, 3 & 4 h. du ſoir, à 11, 10, 9 & 8 h. du matin. Maintenant du point F, tirez auſſi une perpendiculaire à G E pour avoir la hauteur du Soleil de la maniére que nous avons dit; mais parce que cette perpendiculaire coupe l'Equateur G E en ſon interſection avec l'Horiſon C D, il s'enſuit qu'à cette heure le Soleil n'a pas d'élévation ſur l'Horiſon, & qu'à 6 h. du matin & du ſoir aux jours & Latitudes ſuſdites le Soleil à 0 pour la hauteur, & ſe leve & ſe couche à ces mêmes heures.

On conçoit auſſi qu'en ce jour la hauteur du Soleil à Midi eſt celle de la ligne G E, parce que c'eſt en G que le cercle Méridien C A eſt coupé, c'eſt la même régle pour tous les paralléles à l'Equateur. On veut, pour

2me exemple, dreſſer une Table des hauteurs du Soleil pour toutes les heures du jour auquel il eſt au premier dégré du *Cancer :* les Tables de déclinaiſon pages 257 & ſuivantes vous marquent le 21 Juin à la Latitude ſuſdite. Vous avez déja tracé du point H diſtant de 23 d. & demi de l'Equateur vers le Nord la paralléle qui convient & que le Soleil décrit en ce jour. Maintenant du point où cette ligne H coupe l'axe du monde E F, décrivez une portion de cercle H, fi, ff, que E F prolongé coupera en ff; diviſez cette portion de cercle à commencer du point H de 15 en 15 d. pour les heures de ce jour, & vous aurez les points de diviſion l, m, n, x, p, ff, ſt, ff; de ces points tirez ſur la paralléle à l'Equateur H autant de perpendiculaires que vous pourrez juſqu'à ce que ces perpendiculaires ne rencontrent plus le paralléle H ſur l'Horiſon C D, & vous aurez diviſé ce paralléle H en ſes heures & dégrés : pour éviter la confuſion, nous ne marquons ici que les deux derniéres lignes ſt, &, pour 5 h. du matin, & 7 h. du ſoir; ff, w, pour 4 h. du matin & 8 h. du ſoir, en comptant de la ligne de Midi en H. Du point &, (où la ligne H eſt coupée,) tirez la paralléle à C D vers C, & le dégré qui ſera coupé en comptant de C vers A, ſera celui de la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon de 49 d. à 5 h. du matin & à 7 h. du ſoir le 21 Juin, auquel le Soleil eſt au premier dégré du *Cancer.* Faites-en de même pour toutes les autres heures. Enfin du point w, où la perpendiculaire ff, w, coupe la ligne H, tirez de même une paralléle à C D qui coupera le cercle C A au dégré de la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon à 4 h. du matin & 8 h. du ſoir au jour ſuſdit; mais parce que cette paralléle à C D eſt la même que l'Horiſon C D, il s'enſuit que le Soleil a 0 de hauteur à ces heures, & qu'il ſe couche aux lieux & jour ſuſdits à 8 h. du ſoir & ſe leve à 4 h. du matin.

Faites la même choſe pour tous les jours de l'année, & écrivez les différentes hauteurs du Soleil que vous avez trouvées par les opérations aux différens jours & heures, le tout dans l'ordre que vous voyez à la Table que nous en avons donné; & vous aurez des Tables de hauteurs du Soleil comme vous les ſouhaitez, qui vous donneront auſſi la longueur des jours & des nuits, les heures du lever & du coucher du Soleil à différens jours. Ces opérations ſeront plus juſtes ſi le cercle A B C D eſt d'un pied de diamétre, & s'il eſt tracé ſur une ardoiſe, ſi les lignes ſont tirées avec juſteſſe, & les cercles diviſés de même.

C'eſt ſur ces principes que (la hauteur du Soleil connue, le jour de l'année & la Latitude donnés) on connoîtra l'heure du jour; car ſoit la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon donnée le 21 Juin, telle que la marque la ligne &, paralléle à C D ſur le cercle C A; tracez cette paralléle de ce point de hauteur, & elle coupera le paralléle du premier dégré de *Cancer* en &, duquel élevez la perpendiculaire &, ſt; enſuite du point d'interſection du paralléle du *Cancer* H ſur l'axe du monde faites avec H l'arc H, ff, ff, que vous diviſerez de 15 en 15 d. pour les heures à compter de H vers ff, ff, & vous trouverez 7 fois 15 d. juſqu'à la ligne ſt; ce qui vous montrera qu'il étoit ou 5 h. au matin ou 7 h. au ſoir, le 21 Juin quand vous avez obſervé la hauteur du Soleil ſur l'Horiſon.

On peut ſouvent employer la Trigonométrie rectiligne pour calculer
Fig. 5. les angles : il n'y a qu'à jetter les yeux ſur la figure 5, & faire uſage des régles dont nous avons donné ci-devant un abrégé.

Pour dreſſer les Tables des Verticaux du Soleil à toutes les heures du jour pour telle Latitude qu'on voudra, par exemple ici à la Latitude de 49 d. Nord au 21 Mars : Prolongez la ligne z paralléle à C D, de ſorte qu'elle coupe le cercle C A & la ligne A B ; prenez avec un compas la longueur de cette ligne z entre les deux interſections qu'elle fait ſur C A & A B, portez le compas ainſi ouvert un pied au centre E, & de l'autre décrivez un arc de cercle de la ligne C D vers B ; enſuite du point z ſur l'Equateur tirez la perpendiculaire indéfinie ſur C D vers B, & le point (où cette perpendiculaire coupera l'arc de cercle que vous venez de faire) ſera tel qu'en tirant d'icelui une ligne au centre E, vous y ferez un angle avec l'Horiſon C D égal au Vertical du Soleil à 7 h. du matin, & à 5 h. du ſoir le 21 Mars à la Latitude de 49 d. Nord. C'eſt pourquoi appliquez le centre d'un rapporteur en E & ſa ligne o le long de C D vers C, & vous aurez l'angle du Vertical du Soleil par la ligne que vous avez tirée du centre E à l'interſection de la perpendiculaire z avec l'arc de cercle que vous venez de faire. Faites ainſi de tous les points ſur l'Equateur, deſquels vous tirerez des perpendiculaires à C D vers B, leſquelles vous couperez avec les ouvertures de compas que vous trouverez & placerez comme vous venez de faire pour la ligne z. Enfin tirez pareillement du point E ſur l'Equateur une perpendiculaire à l'Horiſon : or cette perpendiculaire étant la même que A B, il en faut conclure qu'à 6 h. du ſoir aux jour & Latitude ſuſdits, le Soleil fait un angle de 90 d. avec le Méridien C, que tel eſt ſon Vertical, & qu'il ſe couche au véritable Oueſt, comme il ſe leve au véritable Eſt.

Pour avoir les Verticaux du Soleil quand il eſt au 1 d. de *Cancer* ♋, c'eſt-à-dire, au 21 Juin en la Latitude ſuſdite & à toutes les heures du jour : Prolongez la ligne &, paralléle à C D de part & d'autre, & prenez avec le compas ſa longueur depuis le point d'interſection ſur A B, juſqu'à ſon interſection ſur C A ; portez en E une des pointes du compas ainſi ouvert, & avec l'autre pointe faites un arc de cercle de C vers B aſſez grand & juſques par-delà la ligne E B ; enſuite du point & abaiſſez ſur C D & prolongez vers B une perpendiculaire ; & le point (où elle coupera l'arc que vous venez de faire) ſera tel, que ſi vous en tirez une ligne vers E, vous aurez l'angle C E ; & ce point d'interſection pour l'angle du Vertical du Soleil à 5 h. du matin & à 7 h. du ſoir, le 21 Juin, lequel angle ſera obtus.

Faites de même pour les autres heures en tirant des perpendiculaires des points marqués ſur le Tropique & des arcs de cercle convenables, & alors leurs interſections relatives donneront les Verticaux du Soleil ou les angles qu'il fait avec la Méridienne à différentes heures. Pareillement enfin prolongez la ligne ϖ, paralléle à C D juſqu'à la ligne A B & C A, ouvrez le compas d'une interſection à l'autre, & étant ainſi ouvert portez-en une pointe en E, & avec l'autre décrivez un demi-cercle ou arc de cercle depuis la ligne C E juſques vers B & même vers D ; enſuite du point ϖ abaiſſez ſur C D & prolongez vers B une perpendiculaire ; & le point d'interſection avec l'arc de cercle que vous venez de faire, ſera tel que l'angle C E avec cette interſection ſera celui du Vertical du Soleil à 8 h. du ſoir & à 4 h. du matin, le 21 Juin à la Latitude de 49 d. Nord ; ou plutôt à ces heures & jour le Soleil ſera un ſemblable angle avec le Méridien, &

l'ombre d'un Style droit fera un tel angle avec la Méridienne. Ecrivez ces angles à côté des jours & sous les heures, & faites vos Tables comme vous en avez une, & comme nous avons dit ci-dessus des Tables des hauteurs.

Si des points E (où l'Equateur & ses paralléles coupent l'Horison C D) on tire des perpendiculaires jusqu'à la circonférence C B D, les dégrés du Méridien qu'elles couperont feront ceux des Amplitudes orientales & occidentales vers Nord ou Sud, comme il conviendra, en commençant à compter ces dégrés depuis B vers C d'une part & vers D de l'autre. Ainsi la perpendiculaire w tombe vers D, & partant l'Amplitude orientale & occidentale est vers le Nord d'autant de dégrés qu'elle en a coupé de B vers D, & la perpendiculaire E B se trouvant sur o des divisions, il s'ensuit qu'aux Equinoxes il n'y a pas d'Amplitude, le Soleil se levant & se couchant aux points Est & Oueſt.

Comme cette méthode exige beaucoup d'opérations, il en faut faire pour la moitié de l'année ; ce qui sera plus aisé & plus court que de faire des calculs infinis & deux analogies pour chaque heure de l'année qu'on veut avoir, au lieu qu'il ne faut ici que deux traits de compas pour chaque heure.

Par cette méthode on trace encore fort commodément une ligne Méridienne de cette façon. Un seul point d'ombre étant donné, la déclinaison, la hauteur du Soleil & celle du Pôle connues, tirez une paralléle à C D par le point sur C A de la hauteur connue du Soleil sur l'Horison ; l'intersection de cette ligne sur le paralléle (c'est-à-dire, sur le cercle que le Soleil décrit au jour de l'observation) donnera un point, duquel on abaissera & prolongera vers B une perpendiculaire à CD ; ensuite prenez la distance depuis le point, où A B & A C ont été coupés par la paralléle que vous venez de tracer ; & le compas ainsi ouvert, portez-en une pointe en E & l'autre vers C, & décrivez un cercle vers B ; alors le point (où ce cercle sera coupé par la perpendiculaire à C D) donnera l'angle C E, & ce point d'intersection sera égal à celui que l'ombre du Style droit faisoit avec la Méridienne au tems de l'observation. Ainsi faites avec le bout de l'ombre & le pied du Style cet angle vers le côté que vous jugerez opposé au Nord, & vous aurez une Méridienne.

Fig. 5.

Construction d'un Cadran Horisontal qui s'oriente par lui-même.

CE Cadran n'est autre chose qu'un Horisontal ordinaire, sous lequel on attache une losange aimantée, comme on fait aux compas de mer ; le tout est porté sur un pivot, de sorte que quand la losange aimantée se tourne au Septentrion, le Cadran s'oriente. Il ne faut que jetter les yeux sur une rose de vents (*fig.* 1. *Planche* 20. & *fig.* 7. *Planche* 32.) pour concevoir tout l'artifice de ce Cadran. A est le pivot, B la losange attachée sous le carton C, ayant égard à sa déclinaison. D est un tuyau de carton attaché aux cartons C & E, & c'est sur ce dernier que le Cadran est tracé ; F K est l'axe, G est la chappe de cuivre ou de verre dans laquelle entre le pivot A. La losange étant plus basse que la chappe, toute la machine tourne plus aisément & conserve mieux son niveau. Le tuyau de carton devroit être double, en sorte que l'un seroit tenu au carton C, & l'autre au carton E, alors ils entreroient justement l'un dans l'autre en forme de boëte,

& tourneroient plus ou moins ; au moyen de quoi on éloigneroit la pointe de la losange aimantée vers l'Orient ou l'Occident d'autant de dégrés que seroit la déclinaison de l'aimant : il faut que le tout soit bien léger. Le pivot A est planté au fond d'une boëte ronde d'environ deux pouces de diamétre, comme la figure 8, dans laquelle on met toute la machine, que l'on couvre d'un cryſtal semblable à celui des montres de poche ; de sorte néanmoins que les cartons tournent librement, que le Cadran soit à niveau du bord de la boëte, & que le cryſtal soit un peu plus élevé en convéxité que le sommet de l'axe. La figure 9 représente un couvercle de bois qui ferme la fig. 8.

Usage.

ON expose la boëte au Soleil, & aussi-tôt le Cadran s'oriente ; il se met de niveau, & l'ombre de l'axe marque l'heure. Ce Cadran n'est pas universel ; il a d'ailleurs un autre inconvénient, qui est que les rayons du Soleil sont un peu brisés par la réfraction de leur lumiére passante au travers du cryſtal pour jetter sur le Cadran l'ombre de l'axe : ce qui ne peut opérer une erreur bien sensible ; mais il faut garantir la machine des agitations de l'air.

Au reste on peut sçavoir de combien le cryſtal brise les rayons du Soleil, en observant quelle heure marque le Cadran découvert & à l'abri du vent, puis remettant aussi-tôt le cryſtal on voit la différence qu'il y a entre l'heure que le Cadran avoit marqué étant découvert d'avec celle qu'il marque sous son cryſtal. Par ce moyen on pourra avoir égard à cette différence toutes les fois qu'on fera usage de ce Cadran ; & l'on remarquera qu'elle sera toujours plus grande aux heures du matin & du soir les plus éloignées de Midi, qu'en celles qui en sont les plus proches.

Construction d'un Cadran Horisontal Analemmatique.

CE Cadran se nomme *Analemmatique*, parce qu'il se fait par le moyen de l'analemme, qui est la projection ou représentation des principaux cercles de la Sphére sur un plan.

La figure 5 est l'Analemme, & la figure 6 représente le Cadran tout fait, qui marque les heures sans Bousſole.

Pour construire l'Analemme sur une plaque de laiton ou d'autre matiére bien droite & bien polie, de grandeur & épaisseur convenable, tirez premiérement les lignes A B, C D, se coupantes à angles droits au point E ; Fig. 5.
duquel, comme centre, décrivez le cercle A C B D, représentant le Méridien ; son diamétre C D, l'Horison, & A B le premier Vertical. Du point D comptez jusqu'en F, l'élévation du Pôle, qui est ici de 49 d., & tirez la ligne F E représentante l'axe du monde ; de l'autre côté comptez sur le Méridien de C en G l'élévation de l'Equateur, qui est ici de 41 d. & tirez la ligne G E pour l'Equateur ; du point G comptez de part & d'autre jusqu'en H & en I 23 d. 30 m. pour la plus grande déclinaison du Soleil. Tirez la ligne H I coupante l'Equateur au point Y, duquel comme centre vous décrirez le cercle H L I K ou seulement sa moitié, que vous diviserez en 6 parties égales. Par chaque point de division tirez les paralléles à l'Equateur jusqu'à la ligne Horisontale ; des sections que font les paral-

léles ſur le grand cercle abaiſſez des perpendiculaires, qui rencontreront l'Horiſontale aux points M, N, O, P, & des ſections faites par leſdites paralléles ſur l'axe E F abaiſſez des perpendiculaires indéfinies S *c*, R *b*, Q *a*; ouvrez enſuite le compas de l'eſpace E M, & de cette même ouverture poſez un pied ſur N, & de l'autre coupez par un petit arc la ligne Q *a*; poſez un pied ſur O & coupez la ligne R *b*; par un petit arc au point *b*; puis toujours de la même ouverture E M poſez un pied en P, & de l'autre pointe coupez la ligne S *c* au point *c*.

Pour conſtruire le petit Zodiaque prenez la diſtance O C, que vous porterez de E vers A & vers B, pour les Tropiques de *Cancer* ♋ & du Capricorne ♑; prenez la diſtance 4 *b* & la portez de même au point E, pour la paralléle des Gemeaux ♊ d'un côté & celui du Verſeau ♒ de l'autre; prenez enfin la diſtance X *a* pour marquer du même point E d'un côté le paralléle de ♉, & de l'autre celui des ♌, c'eſt-à-dire, qu'il faut prendre les diſtances X *a*, 4 *b*, *o c* ſur les lignes N *a*, O *b*, P *c* depuis leur interſection X 4 *o*, avec la Méridienne juſqu'aux extrémités *a b c*, & les porter chacune ſucceſſivement au point E à droite & à gauche ſur le petit Zodiaque, que vous formerez comme il ſe voit en la figure.

Pour avoir les points des Heures, du centre E & de l'intervalle E M, décrivez le cercle M T Z V, diviſez-le en 24 parties égales, auſſi-bien que le grand cercle A B C D; & de chaque diviſion oppoſée tirez des lignes droites, ſçavoir celles du grand cercle paralléles à la ligne A B, & celles du petit cercle paralléles à la ligne C D; or les ſections de ces lignes ſeront les points des Heures, ce qu'il faut entendre des ſections les plus proches du grand cercle. Tracez par ces points une courbe addoucie, qui en ce cas eſt un ovale, comme la figure le montre. Les Heures du matin ſont à gauche, & celles du ſoir à droite.

Pour avoir les Demies-heures, on diviſe les cercles en 48 parties égales, & en deux fois autant pour avoir les Quarts.

Le tout étant ainſi préparé, tranſportez avec un compas ſur une autre plaque de laiton (*fig.* 6.) toutes les ſections des Heures dans la circonférence de l'ovale B, en les traçant légérement de point en point, & gravez-y ces mêmes Heures comme elles ſont marquées en la figure 6.

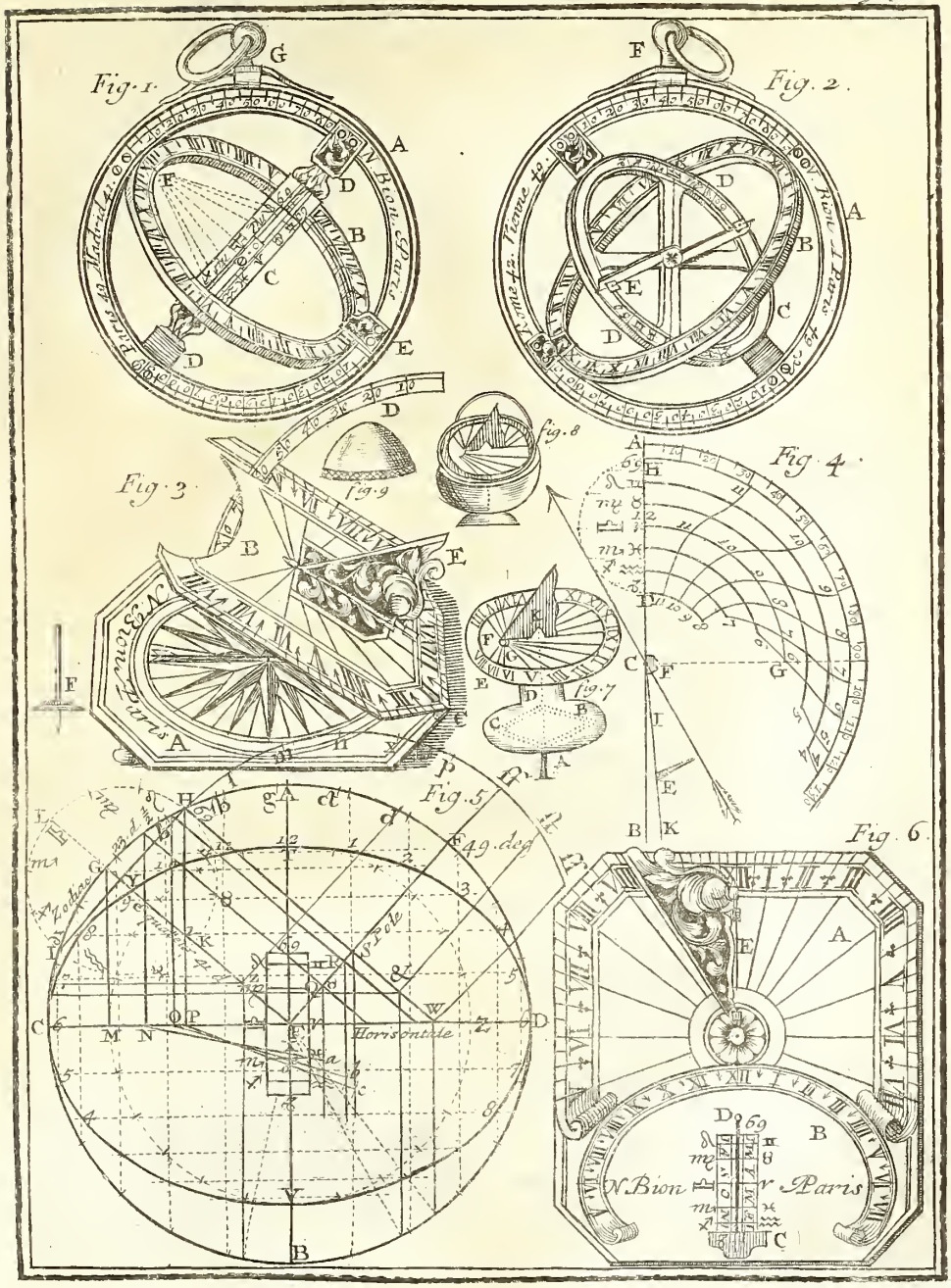
Tranſportez-y auſſi le Trigône des ſignes, prenant avec un compas toutes les diſtances les unes après les autres, de telle ſorte que les ſignes du Belier ♈ & de la Balance ♎ ſoient dans la ligne de 6 H. Placez-y les caractéres des ſignes & les premiéres lettres des mois chacun en leur ordre. Le milieu du Trigône doit être fendu pour y faire couler le curſeur C, qui porte le Style droit D, qui ſe leve & ſe couche par le moyen de deux petits tenons.

Sur l'autre partie de la même plaque on trace un Cadran Horiſontal, ſuivant les régles ordinaires pour la même Latitude qu'a été faite l'Analemme; on y place le Style ou axe E, perpendiculairement ſur la ligne de Midi, qui ſe leve, ſe baiſſe & ſe tient droit par le moyen d'un reſſort qui eſt ſous la plaque.

Uſage.

PLacez ce Cadran bien paralléle à l'Horiſon, mettez le curſeur avec ſon Style droit ſur le jour du mois ou ſur le dégré du ſigne que le Soleil

Planche Trente deuxième



parcourt ; tournez l'Instrument jusqu'à ce que les deux Cadrans s'accordent & marquent la même Heure.

Si le Style droit du Cadran analemmatique marque, par exemple, 10 H. du matin, il faut que l'axe du Cadran Horisontal marque pareillement 10 H. En ce cas ce sera la véritable Heure. La commodité de ce Cadran est qu'il marque l'heure sans ligne Méridienne, & sans aiguille aimantée ; mais pour bien faire, il faut qu'il soit un peu grand.

Construction d'un Cadran Pôlaire oriental & occidental Universel.

CEt Instrument est composé d'une piéce circulaire de cuivre ou autre métail. Elle doit être bien droite & bien égale d'épaisseur, & un peu forte pour conserver son poids perpendiculaire & y faire une rainure autour du bord, dans laquelle doit couler un pendant semblable à celui que nous avons décrit pour l'anneau Astronomique. XXXIII Planche. Fig. 1.

Du centre de cette piéce décrivez la circonférence d'un Demi-cercle & la divisez en deux fois 90 d. Du point 90 & par le centre tirez une ligne droite, qui sera l'Equinoxiale. Vers le haut de cette ligne choisissez un point à volonté, duquel vous tirerez une perpendiculaire sur l'Equinoxiale, qui sera la ligne de 6 H. Pour avoir les autres Heures portez sur ladite Equinoxiale de part & d'autre du point d'intersection, les tangentes convenables, comme celle de 15 d. pour les points de 5 & de 7 H. ; la tangente de 30 d. pour 4 & 8 H. celle de 45, pour 3 & 9 H. Cette tangente, qui est égale au rayon, est la longueur du Style, dont l'extrémité doit répondre perpendiculairement sur le point où la ligne de 6 H. coupe la ligne Equinoxiale. Les Heures de ce Cadran sont paralléles entre elles & à l'axe du monde, comme nous l'avons dit ci-devant en parlant des Orientaux & Occidentaux, & elles se tracent de même.

Sur la ligne de 9 h. du matin & de 3 h. après-Midi on ajuste aux points C C deux petits tenons de charniére, pour y placer la piéce marquée V, laquelle se couche sur la piéce circulaire & se leve, de maniére qu'elle s'y arrête à angle droit. On marque sur cette piéce les Heures d'un Cadran Pôlaire depuis 9 H. du matin jusqu'à Midi, & depuis Midi jusqu'à 3 H. du soir. Nous ne parlerons pas davantage de la division de ces Heures, ni de la maniére de placer les signes sur tous ces Cadrans Orientaux, Occidentaux & Pôlaires, l'ayant fait ci-devant en son lieu.

Les paralléles des signes sont divisés de 10 en 10 d. & l'on a ajoûté les premiéres lettres des noms des mois chacune en leur place, vers le haut de la plaque circulaire, auprès du point de 90 d.

On ajuste le Style B avec une charniére, afin qu'il puisse se lever & se coucher sur ladite plaque ; mais il faut qu'il se leve de maniére que sa pointe réponde juste sur le point de 6 H. en la ligne Equinoxiale, comme nous l'avons dit, & que sa hauteur soit égale à la distance de 6 à 9 H. Cela se peut faire facilement par le moyen d'une petite queue faite de biais au bas du Style, ce qui l'empêchera de se lever plus qu'il ne le doit.

Usage.

SI c'est avant Midi, placez la petite ligne, qui est au milieu du pendant sur le dégré de l'élévation du Pôle du lieu où vous êtes, au quart où est

écrit : *Heures avant Midi.* Levez le Style & préſentez votre Cadran au Soleil, le tenant ſuſpendu par l'anneau, en ſorte que le bout de l'ombre du Style tombe ſur le jour du mois courant ; & vous y verrez l'Heure préſente ſur l'Oriental ou ſur le Pôlaire.

Mais ſi c'eſt après-Midi, mettez le pendant ſur la latitude du lieu au quart où eſt écrit : *Heures après Midi.* Tournez le Cadran au Soleil de maniére que le bout de l'ombre du Style tombe ſur le dégré du ſigne ou ſur le jour du mois courant. Il y marquera l'Heure préſente ſur l'Occidental ou ſur le Pôlaire.

Il eſt aiſé de remarquer que le Cadran Oriental étant retourné de cette maniére devient Occidental, & que les heures ſe trouvent paralléles à l'axe du monde.

Voilà à peu près la conſtruction & les uſages des Cadrans portatifs qui s'orientent ſans Bouſſole ou ſans ligne Méridienne ; Ce ſont les plus faciles dont on puiſſe ſe ſervir. Nous allons donner encore un abregé de la deſcription de quelques autres Cadrans que nous faiſons, qui ne laiſſent pas que d'être aſſez curieux ; mais leur conſtruction eſt un peu plus embarraſſante.

Cadran Horiſontal portatif.

CE Cadran, qui eſt le premier de ceux que nous venons d'annoncer être d'une conſtruction différente des précédens, & dont nous ne donnerons pas ici la figure, eſt un Horiſontal de deux ou trois pouces en quarré, que l'on fait de cuivre ou de quelqu'autre métail, diviſé pour une élévation particuliére de Pôle : Son axe, qui marque les heures, eſt une ſoie arrêtée par un bout au centre dudit Cadran, l'autre bout s'attache au haut d'une lame de cuivre un peu forte, qui eſt placée à l'extrémité du Cadran ſur la ligne de 12 H. ; cette lame ſe couche & ſe tient auſſi droite par le moyen d'un reſſort, qui eſt deſſous ledit Cadran ; la hauteur de la coche ou petite arrête pour retenir la ſoie, eſt égale à la tangente de la hauteur du Pôle, comme pour Paris, de 49 d.

Environ au quart de la hauteur de la lame on ajuſte un cercle d'une grandeur proportionnée à la grandeur de la plaque du Cadran ; ce cercle ſe plie d'un côté par le moyen d'une charniére, & de l'autre il y a un appui pour l'arrêter à la hauteur de l'Equateur, qui eſt pour Paris, 41 d. en ſorte que ce cercle ſe couche ſur la lame, & la lame ſur la plaque du Cadran Horiſontal : Il faut ſur tout que le centre de ce cercle réponde juſte dans la ſoie qui ſert d'axe lorſqu'elle eſt tendue.

On diviſe ce cercle dans ſa concavité en Heures, Demies & Quarts du Cadran Equinoxial, comme un des cercles de l'anneau Aſtronomique ; on paſſe la ſoie dans une très-petite perle ou une tête d'épingle, que l'on conduit ſur le ſigne que parcourt le Soleil, & qui ſert de curſeur pour marquer les Heures dans le milieu de la concavité du cercle Equinoxial.

Pour placer cette tête d'épingle ſur le ſigne ou le mois convenable, il faut avoir à part une petite régle de cuivre étroite, ſur laquelle on aura tracé les ſignes du Zodiaque & les quantiémes du mois en la maniére qu'on les trace ſur la petite régle, qui eſt au milieu des anneaux Aſtronomiques, c'eſt-à-dire que la déclinaiſon du Soleil ſe prend de l'extrémité du cercle Equinoxial, & que le rayon de l'Equateur doit partir en ligne droite du

ſommet intérieur dudit cercle, & les ſignes d'un côté & d'autre ſuivant leurs déclinaiſons.

Pour placer la petite perle au point où elle doit être pour marquer les Heures, on place ladite régle, depuis le centre du Cadran Horiſontal, au long de la ſoie qui ſert d'axe, & l'on coule la petite perle ſur le dégré du ſigne que le Soleil parcourt, enſuite on tire la petite régle.

On trace une ligne perpendiculaire derriére la lame qui tient le cercle Equinoxial, d'où on laiſſe pendre une ſoie, au bout de laquelle on aura attaché un petit plomb pour mettre le Cadran de niveau. On peut rendre ce Cadran univerſel, en ajuſtant une portion de cercle derriére la lame, & qui ſe couche deſſus par le moyen d'une charniére; cette portion de cercle doit être diviſée en dégrés, & le haut de ladite lame d'où pend le plomb, ſervira de centre; par ce moyen on pourra élever plus ou moins le côté du centre du Cadran, ſuivant l'élévation du Pôle, en faiſant pendre la ſoie qui porte le plomb ſur la latitude du lieu. Il eſt bon de dire auſſi qu'on peut retrancher au cercle Equinoxial les heures depuis 8 h. du ſoir juſqu'à 4 h. du matin, afin qu'il puiſſe ſervir au tems des Equinoxes. L'ouvrier intelligent ſuppléra facilement à l'abrégé de cette conſtruction, d'autant que le ſimple expoſé que l'on en fait, peut ſuffire à l'imagination, pour en avoir une juſte idée.

Uſage.

AYant placé la petite tête d'épingle ſur le ſigne ou ſur le jour du mois, on expoſera le Cadran au Soleil, & on le tournera de côté & d'autre, juſqu'à ce que la ſoie qui ſert d'axe, marque la même Heure ſur le Cadran Horiſontal, que la petite perle qui eſt au milieu & dans la concavité du cercle Equinoxial: & ce ſera la véritable Heure.

Avant de finir ce chapitre, les Curieux ne ſeront pas fachés d'apprendre que nous faiſons encore d'autres Cadrans portatifs, comme un Aſtrolabe Horiſontal ſuivant la projection orthographique des cercles de la Sphére, ſur le plan de l'Horiſon; d'autres ſuivant l'Aſtrolabe de Royas, qui ſervent verticalement par le moyen d'un plomb; des Cadrans Horiſontaux faits par les hauteurs du Soleil, qui s'orientent auſſi ſans aiguille aimantée, dont les ſignes du Zodiaque ſont tirés en lignes droites & d'un même centre, & les lignes des heures en lignes courbes; comme auſſi d'autres Cadrans portatifs, qui ſont aſſez utiles & récréatifs, dont nous nous réſervons de donner ailleurs la conſtruction & les figures.

Les Cadrans Horiſontaux où les ſignes ſont tracés, comme celui de la Planche 30. (*fig.* 1.) peuvent auſſi s'orienter ſans Bouſſole, en plaçant au Soleil ledit Cadran, de maniére que l'ombre du Style droit donne ſur le dégré du ſigne que le Soleil parcourt ce jour-là; mais ce qu'il y a d'incommode, c'eſt que la diſtance du ſigne de *Cancer* eſt ſi petite avec les ſignes voiſins, qu'on ne peut diſtinguer le quantiéme de 10 en 10 jours; de ſorte que quelque choſe qu'on faſſe il eſt preſque impoſſible de faire un Cadran portatif qui s'oriente ſans Bouſſole ou ſans ligne Méridienne, ſans tomber dans l'un de ces deux inconvéniens, qui ſont ou d'avoir les Heures fort ſerrées vers le Midi, ou d'être de peu de préciſion dans le tems des Soliſtices, à cauſe du peu de différence qui ſe trouve alors dans l'élévation & la

déclinaiſon du Soleil. Se vanter de faire autrement, ce ſeroit promettre ce qu'on ne pourroit tenir.

CHAPITRE VI.

Conſtruction & uſages des Cadrans Lunaires & aux Etoiles.

Conſtruction d'un Cadran Horiſontal Lunaire.

ON appelle *Cadran Lunaire*, celui qui montre de nuit aux rayons de la Lune, l'Heure qu'il eſt au Soleil, c'eſt-à-dire, en quel cercle Horaire eſt pour lors le Soleil. Fig. 2.

Ce Cadran eſt compoſé de deux piéces de laiton ou d'autre matiére ſolide, de grandeur à volonté.

La platine inférieure marquée H, eſt en forme de parallélogramme, & la ſupérieure marquée A, eſt circulaire & doit tourner autour de la partie ombrée & du centre marqué B. Sur la platine ſupérieure ſont tracées les Heures du Cadran dont eſt queſtion, pour la Latitude du lieu, ſuivant les régles ci-devant expliquées.

La platine inférieure porte un cercle diviſé en 30 parties inégales pour les jours du Mois Lunaire. Pour faire cette diviſion : Soit la ligne Equinoxiale D E qui a ſervi à tracer le Cadran Horiſontal, & ſon centre diviſeur F, duquel ayant décrit le cercle ponctué G, diviſez ce cercle en 30 parties égales, ou la moitié en 15 ; & la régle étant miſe au centre F, tournez-la ſur toutes les diviſions de ce cercle, & marquez des points ſur la ligne Equinoxiale ; enſuite mettez la régle au centre B, & ſur tous les points de diviſion de la ligne Equinoxiale, pour diviſer le cercle H ; quand vous en aurez la moitié, tranſportez les mêmes diviſions ſur l'autre demi-cercle, & par ce moyen tout le cercle ſe trouvera diviſé en 30 parties inégales pour les 30 jours du mois Lunaire, autour deſquels on gravera les chifres, comme la figure le montre.

Placez l'axe ou Style B C à la hauteur du Pôle du lieu & diſpoſez-le de maniére qu'étant élevé il n'empêche pas la platine des Heures de tourner autour du centre B ; faiſant en ſorte que ſa baſe n'excéde pas le demi-diamétre de la circonférence ombrée.

Uſage.

IL faut ſçavoir le quantiéme de la Lune par le moyen des Ephémérides & des Epactes dont nous allons donner des définitions, afin d'appliquer le point de 12 heures ſur le jour de la Lune.

Les *Ephemérides* ſont des Tables dont ſe ſervent les Aſtronômes. Elles leur font connoître les places des Planétes chaque jour à Midi, & les aſpects de ces mêmes Planétes entr'elles. C'eſt encore par le ſecours de ces Tables qu'on calcule les Eclipſes, qu'on forme les ſyſtêmes du Ciel & les prétendus Horoſcopes. Mais le ſecond uſage de ces Tables ne nous regarde point ici. Ce mot eſt tout Grec, ἐφημερὶς, *Journal*, ou Livre de ce qui arrive chaque jour.

Epacte

Epacte (qui eſt encore un autre terme Grec, ἐπακτὴ jour *intercalaire*) ſignifie l'addition d'onze jours que l'année Solaire contient de plus que l'année Lunaire. Car l'année Lunaire eſt compoſée de douze conjonctions avec le Soleil, leſquelles ſont de 29 jours 12 h. De ces 12 conjonctions on a fait des mois de 29 & 30 jours alternativement. Tous ces mois font 354 jours & forment l'année Lunaire, qui, comme on voit, a 11 jours de moins que l'année Solaire, qui en a 365. Or ces 11 jours en font 33 au bout de 3 ans. On en fait alors une Lune ou un treiziéme mois de 30 jours, ce qui s'appelle *intercalation*; & comme les 3 jours qui reſtent étant joints avec les 3 fois 11, en font 36 au bout de 3 autres années, on *intercale* encore; & il reſte alors 6 jours de différence entre le Soleil & la Lune. Ainſi pour avoir l'Epacte courante, on commence à compter du premier Mars la nouvelle Epacte, à laquelle on ajoûte 11; ſi le nombre qui en réſulte paſſoit 30, on retrancheroit ces 30, & le reſte ſeroit l'Epacte cherchée; mais s'il étoit ſimplement 30, on compteroit 1, & non pas 30. Rendons ceci plus ſenſible par un exemple. Nous voulons ſçavoir l'Epacte de la préſente année 1752. Pour cet effet, ajoûtons le nombre de 11 à celui de 3, qui étoit l'Epacte de l'année derniére 1751: Or ces deux nombres font 14, qui eſt préciſément l'Epacte ou l'âge de la Lune pour 1752.

On trouvera dans preſque tous les Calendriers, qui ſont à la tête des Livres d'Heures ou Offices de l'Egliſe, des Tables qui marquent les Epactes.

Quant à l'âge de la Lune, on le connoît par le moyen de l'Epacte de l'année courante, en opérant de cette maniére. Ajoûtez le nombre des mois paſſés, en commençant par Mars, au nombre des jours du mois préſent & à l'Epacte de l'année où vous êtes; alors la ſomme totale ſera l'âge de la Lune. Si cette ſomme excéde 30, on rejette ces 30, & l'on prend l'excédant. Par exemple, l'Epacte de cette année-ci 1752 eſt 14. Cela poſé, nous voulons ſçavoir l'âge de la Lune au 25 Mars; pour cet effet, nous ajoûterons à 14 le nombre des mois 1, & pour celui des jours du mois ledit nombre de 25; alors la ſomme totale ſera 40, de laquelle ôtant 30, il reſtera 10, à quoi l'on ajoûtera cependant encore 1: ce qui donnera 11, pour l'âge de la Lune, d'autant qu'elle ſe joint au Soleil preſque d'un jour plutôt que ne donne l'Epacte.

Cette maniére de trouver l'âge de la Lune n'eſt pas ſi exacte que par le calcul des Ephémérides.

Si l'on veut une plus ample inſtruction ſur cette matiére, on la trouvera expliquée fort au long au chapitre 6. 3e Livre de la nouvelle & derniére édition de notre *Uſage des Globes* pag. 350. & ſuivantes.

On doit remarquer que la Lune par ſon mouvement propre s'éloigne du Soleil chaque jour vers l'Orient d'environ 48 m. d'heure, c'eſt-à-dire, que ſi étant nouvelle ou conjointe au Soleil elle ſe trouve un jour avec lui dans le Méridien, le lendemain elle paſſera par ce même Méridien environ trois quarts d'heure & quelques minutes après le Soleil, ce qui fait que les jours Lunaires ſont plus grands que les jours Solaires. On appelle *jour Lunaire* le tems depuis le paſſage de la Lune par le Méridien juſqu'au paſſage immédiatement ſuivant. Ces jours ſont fort inégaux à cauſe de l'irrégularité du mouvement apparent de la Lune.

Quand la Lune eſt Pleine, c'eſt-à-dire, oppoſée au Soleil, elle ſe re-

trouve dans le même cercle Horaire que le Soleil, de ſorte que ſi en ce tems-là le Soleil étoit, par exemple, au Méridien de nos Antipodes, la Lune ſeroit dans notre Méridien & marqueroit par conſéquent ſur nos Cadrans la même Heure que ſeroit le Soleil, s'il étoit ſur notre Horiſon. Mais cette conformité ne dure pas long-tems, puiſqu'à chaque Heure elle retarde d'environ deux minutes. De même ſi le Soleil au tems de ſon oppoſition ſe couche ſous notre Horiſon, la Lune lui étant alors diamétralement oppoſée, elle ſe levera ſur notre Horiſon, & ainſi du reſte. C'eſt pour remédier à ſon retardement qu'on a diviſé ce cercle en 30 parties. Le point de 12 H. du Cadran Horiſontal étant mis exactement vis-à-vis de l'âge de la Lune, le Cadran orienté par le moyen d'une Bouſſole ou d'une ligne Méridienne marquera l'Heure préſente; mais pour l'avoir plus exactement, il faudroit ſçavoir ſi la Lune eſt dans le premier, le ſecond ou le troiſiéme quart de ſon jour, afin de mettre le point de 12 H. à proportion en l'eſpace de ſon quantiéme de Lune.

Cette même pratique ſert auſſi pour les Cadrans Verticaux; mais pour les Equinoxiaux, la diviſion ſe fera en 30 parties égales. La roue mobile qui porte les Heures ſera diviſée en 24 parties auſſi égales; & le reſte ſe fera de même que ci-devant.

Pour conſtruire la Table qui eſt au bas de la plaque du Cadran dont nous venons de parler, tirez quatre lignes paralléles droites ou courbes longues à volonté, diviſez l'eſpace I I en 12 parties égales pour les 12 H. & les deux autres eſpaces K K en 15, pour y marquer les 30 jours Lunaires, comme on voit fig. 2. Planche 33.

Cette Table ſert à faire connoître l'Heure qu'il eſt au clair de la Lune par le moyen d'un Cadran ordinaire.

Pour faire uſage de cette Table voyez à un Cadran Solaire l'Heure que la Lune y marquera, puis ſçachant l'âge de la Lune, voyez vis-à-vis ſon âge dans cette Table l'Heure qui y correſpond, à laquelle ajoûtez l'Heure marquée par ledit Cadran; & ſi la ſomme des deux enſemble n'excéde pas 12, vous aurez alors la vraie heure; ou ſi ce total excéde 12, cet excédent vous donnera pareillement la vraie Heure.

Suppoſons donc que le Cadran Solaire marque, par exemple, 6 H. au clair de la Lune & que ſon âge ſoit de 5 jours ou bien de 20, on verra par la Table vis-à-vis de ces derniers chifres 5 & 20, 4 H. leſquelles ajoûtées à 6 font 10, qui ſera l'Heure préſente. Si à tel jour la Lune marquoit 8 H. il ſeroit minuit.

Pareillement ſi la Lune marquoit 9 H. (à ſon 10me ou 25me jour, auſquels répondent 8 H.) on diroit 8 & 9 font 17; ôtez 12, reſtent 5, pour la vraie Heure, & ainſi des autres.

Conſtruction d'un Cadran pour connoître l'Heure aux Etoiles.

ig. 3. ON voit ici l'arrangement des principales Etoiles qui compoſent la Conſtellation de la grande Ourſe & celle de la petite Ourſe autour du Pôle & de l'Etoile Pôlaire.

Le Cadran aux Etoiles, dont nous allons parler, ſe fait par la connoiſſance du mouvement journalier, que font autour du Pôle ou de l'Etoile Pôlaire les deux Etoiles de la grande Ourſe que l'on appelle ſes Gardes ou

la Claire du quarré de la petite Ourſe. On ſuppoſe ici que l'Etoile Pôlaire qui varie tant ſoit peu, n'eſt éloignée du Pôle que d'environ deux dégrés.

Pour la conſtruction de ce Cadran il faut préalablement ſçavoir l'Aſcenſion droite de ces Etoiles ou à quels jours de l'année elles ſe trouvent dans le même cercle Horaire que le Soleil; ce qui ſe peut connoître par le calcul Aſtronomique ou par un Globe, ou avec un Planiſphére céleſte conſtruit ſur les nouvelles obſervations, en mettant ſous le Méridien l'Etoile dont il s'agit & en examinant quel dégré de l'Ecliptique ſe trouve en même tems ſous ce Méridien.

Par cette méthode on a dû trouver que l'aſcenſion droite de l'Etoile pôlaire pour l'année 1725 étoit 0 d. 38 m. 30 ſec., dont la longitude étoit 24 d. 48 m. 2 ſec. & la latitude Septentrionale 66 d. 3 m. 20 ſecondes.

Que le 21 Septembre l'aſcenſion droite du Soleil étoit à 11 h. 54 m. 3 ſecondes.

L'aſcenſion droite de l'Etoile de la grande Ourſe α 162 d. 50 m. 40 ſec. en tems 10 h. 50 m. 21 ſecondes.

L'aſcenſion droite de l'Etoile de la grande Ourſe β 177 d. 55 m. 45 ſec. en tems 11 h. 51 m. 43 ſecondes.

L'aſcenſion droite de la Claire de la petite Ourſe 147 d. 34 m. 20 ſec. en tems 9 h. 50 m. 34 ſecondes.

Que le 31 Mars l'Etoile pôlaire a paſſé au Méridien à 24 h. 1 m. 55 ſec. ou à Midi 1 m. 65 ſecondes.

Que le 3 Octobre l'Etoile pôlaire paſſoit au Méridien à 12 h. 2 m. 52 ſec. ou à minuit 2 m. 52 ſecondes.

Que le 17 Août la Claire de la petite Ourſe paſſoit au Méridien à 24 h. 3 m. 23 ſec. ou à Midi 3 m. 28 ſecondes.

Que le 13 Février la Claire de la petite Ourſe paſſoit au Méridien à 12 H. 1 m. 46 ſec. ou à Midi 1 m. 46 ſecondes.

Voilà l'état du Ciel à l'égard de ces Etoiles pour ladite année 1725 & les ſuivantes ſans beaucoup d'erreur ſenſible pour ce Cadran.

On voit par-là que ces Etoiles marqueront les 31 Mars & 21 Septembre les mêmes Heures que le Soleil; mais comme chaque jour les Etoiles fixes retournent au même Méridien plutôt que le Soleil d'environ 1 d. ou 4 m. d'heure, ce qui fait 2 H. par mois; c'eſt pourquoi il faudra y faire attention pour avoir l'heure du Soleil.

Ces connoiſſances étant préſuppoſées, il ſera facile de conſtruire un Cadran aux Etoiles, en la maniére ſuivante.

Cet Inſtrument eſt compoſé de deux plaques circulaires appliquées l'une ſur l'autre; la plus grande a un manche pour tenir à la main l'Inſtrument dans les uſages qu'on en fait.

La plus grande roue, qui a environ deux pouces & demi de diamétre, Fig. 4. eſt diviſée en 12 pour les 12 mois de l'année, & chaque mois de 5 en 5 jours; de ſorte que le milieu du manche répond juſtement au jour de l'année, auquel l'Etoile dont on veut ſe ſervir a même aſcenſion droite que le Soleil. Si cet Inſtrument eſt fait pour les deux Gardes de la grande Ourſe, par exemple, il faut que le 21me jour de Septembre ſoit vis-à-vis le milieu du manche; & s'il eſt fait pour la Claire de la petite Ourſe, il faut que le 17 Aout ou le 13 Février ſoit au milieu du manche. C'eſt pourquoi ſi

l'on veut que le même Cadran ſerve pour l'une & pour l'autre de ces Etoiles, il faut rendre le manche mobile autour de ladite roue, afin de l'arrêter où l'on voudra; ce qui eſt facile à faire par le moyen de deux petites vis.

La roue de deſſus, qui eſt la plus petite, doit être diviſée en 24 parties égales ou deux fois 12 H. pour les 24 H. du jour, & chaque Heure en quarts ſelon l'ordre qui paroît en ladite figure. Ces 24 H. ſe diſtinguent par autant de dents, dont celles où ſont marquées 12 H. ſont plus longues que les autres, afin de pouvoir compter les Heures pendant la nuit ſans lumiére.

A ces deux roues on ajoûte une régle ou alidade qui tourne autour du centre & dont la longueur excéde la plus grande circonférence.

Ces trois piéces doivent être jointes enſemble par le moyen d'un clou à tête percé de telle ſorte, qu'il ait au centre un petit clou d'environ deux lignes de diamétre, pour voir facilement à travers l'Etoile pôlaire. Il eſt à propos que le mouvement de ces piéces ſoit un peu ferme, afin que chacune reſte où on la met pendant l'obſervation.

Uſage.

TOurnez la roue des Heures, juſqu'à ce que la plus grande dent, où eſt marqué 12 H. ſoit ſur le jour du mois courant; approchez l'Inſtrument de vos yeux, le tenant par le manche, en ſorte qu'il ne panche ni à droite ni à gauche & qu'il ſoit à peu-près paralléle au Plan de l'Equateur; & ayant vû par le trou du centre l'Etoile pôlaire, tournez l'alidade juſqu'à ce que ſon extrémité, qui paſſe au-delà des circonférences des cercles, raſe la Claire du quarrée de la petite Ourſe. Si l'Inſtrument eſt diſpoſé pour cette Etoile, la dent de la roue des Heures, qui ſera ſous l'alidade, marquera l'Heure préſente, que vous pourrez connoître ſans lumiére en comptant les dents depuis la plus grande, qui eſt pour 12 H.

Cette Etoile que nous appellons *la Claire de la petite Ourſe*, eſt une des deux qui forment le derriére du quarré. Elle precéde l'autre dans le mouvement journalier & eſt moins éloignée qu'elle de l'Etoile pôlaire. On fait la même opération pour les Gardes de la grande Ourſe, quand l'Inſtrument eſt fait pour ces Etoiles.

Les deux Etoiles, que nous appellons *les Gardes de la grande Ourſe*, ſont preſque en ligne droite avec l'Etoile pôlaire & ſont de ſa même grandeur. Ces deux Etoiles ſervent beaucoup à la faire connoître.

CHAPITRE VII.

Conſtruction d'une Horloge à l'eau.

XXXIII Planche fig. 5. CEtte Horloge eſt compoſée d'une eſpéce de Tambour ou boëte ronde, marquée B, faite de métail & bien ſoudée; dans laquelle il y a une certaine quantité d'eau préparée & pluſieurs cellules, qui ont communication les unes avec les autres par un petit trou, qui eſt près la circonfé-

rence & qui ne laiſſe écouler l'eau, qu'autant qu'il eſt néceſſaire pour faire deſcendre peu à peu cette Montre par ſon propre poids. Elle eſt ſuſpendue aux points A A par deux ficelles d'égale groſſeur & qui ſont entortillées autour de l'aiſſieu de fer marqué D, qui traverſe de part & d'autre à angles droits le milieu juſte du Tambour & qui en deſcendant ſans faire aucun bruit, montre les Heures par les deux bouts dudit aiſſieu. Les Heures ſont marquées des deux côtés de la Boëte ſur un plan vertical. Leurs diviſions ſe font en cette maniére : On remonte le Tambour en tortillant la ficelle, juſqu'à ce qu'il ſoit au haut du plan où l'on veut commencer la diviſion des Heures ; puis on laiſſe deſcendre ce Tambour pendant 12 H. en ſe réglant ſur une bonne Pendule ou ſur un Cadran au Soleil ; on diviſe enſuite tout l'eſpace que l'aiſſieu a parcouru, en autant de parties égales qu'il s'eſt écoulé d'Heures ou de demi-heures, puis on place les Heures vis-à-vis de ces parties.

Il ſe fait auſſi de ces Machines, qui marquent les Heures par une aiguille qui tourne autour d'un Cadran de Pendule ordinaire, comme la même figure le montre. Cela ſe fait par le moyen d'une roue ou poulie de 4 à 5 pouces de diamétre, qui eſt attachée derriére le Cadran par une verge de cuivre ou d'acier qui la traverſe au centre. Un des bouts de ladite verge eſt retenu dans un petit trou qui lui ſert de ſupport, & l'autre bout porte l'aiguille qui marque les Heures. Ladite aiguille tourne par le moyen d'un cordon de ſoie torſe un peu groſſe, qui paſſe autour de la poulie & qui a un de ſes bouts accroché à l'aiſſieu à l'endroit marqué H ; on attache à l'autre bout de la ſoie un petit plomb, comme F ; & alors le Tambour deſcendant doucement entraîne avec lui le crochet H & fait tourner en même tems la poulie, qui fait elle-même tourner l'aiguille, laquelle par ce moyen marque l'Heure qu'il eſt. La circonférence de la poulie doit être proportionnée à l'eſpace ou diſtance que l'aiſſieu du Tambour a occupé pendant 12 H., c'eſt-à-dire, qu'on prend avec une ficelle la longueur juſte de cette diſtance, & l'on fait une poulie dont la circonférence ſoit juſte de la longueur de cette ficelle, alors la poulie & l'aiguille auront fait un tour autour du Cadran en 12 h. Quand le Tambour deſcend un peu trop vîte, & que la Montre avance, alors on met un plomb en F un peu plus peſant, & quand il va un peu trop doucement, il en faut mettre un plus leger. On fait auſſi de ces Montres, qui ſervent de Réveil-matin, par le moyen d'une détente qu'on ajuſte au-deſſous de l'Horloge ; & ayant placé l'aiſſieu ſur cette détente, on met l'aiguille ſur l'heure qu'on veut s'éveiller, puis on remonte le Tambour, & l'on replace l'aiguille ſur l'Heure qu'il eſt ; & le lendemain l'axe du Tambour poſant ſur la détente le fera tomber ; alors un cordon, auquel eſt attaché un plomb, étant paſſé autour d'une petite poulie de cuivre, fait mouvoir une roue de balancier, qui par ſon mouvement fait frapper avec vîteſſe un petit marteau ſur un timbre, juſqu'à ce que le plomb ſoit en bas.

On ajoûte une répétition fort ſimple à ces Horloges. On fait couler dans deux rainures faites le long d'un des côtés de cette Horloge une tringle de bois, de ſorte qu'elle ne faſſe qu'un même plan vertical avec un des côtés A E ; cette tringle eſt traverſée d'une pointe verticale vers le haut, qui répond au haut du Cadran vertical, de ſorte que, quand elle eſt tirée par le cordon C, la tringle deſcend, & la pointe s'arrête ſur l'axe du Tam-

bour au point qu'elle le rencontre : & afin que ſon poids ne l'attire pas toujours vers le bas, à cette tringle eſt attachée derriere le Cadran vertical une corde avec un poids, laquelle corde tournant ſur une poulie retire toujours cette tringle vers le haut. Cette tringle à ſa ſurface oppoſée ſe trouve traverſée en dedans de la boëte par autant de pointes & à diſtances égales des Heures du Cadran vertical. Vers le bas & en dedans de la Boëte eſt un pied-de-biche, qui ſe préſente à ces pointes. Ce pied répond par une corde à un marteau qui frappe ſur un timbre autant de coups que ledit pied-de-biche eſt rencontré & abaiſſé par les pointes auſquelles il ſe préſente, quand par le cordon C la tringle eſt attirée vers le bas ; ce qui fait, que quand on tire le cordon C, on fait ſonner autant de coups qu'il y a de pointes depuis le haut du Cadran vertical juſqu'au point où la cheville, qui eſt en dehors joint l'axe du Tambour qui l'arrête. Ainſi quand ce Cadran vertical commencera par 1 h., on aura préciſément autant de coups ſonnés qu'il eſt d'Heures marquées ſur le Cadran vertical juſqu'à 12, après quoi il faudra compter une, & ſuivre. Il faut tirer le cordon C aſſez lentement pour donner le tems au pied-de-biche de ſe remettre en état, & au marteau de frapper.

Si au même pied-de-biche & par-delà ſon centre, on attache une corde à une baſcule du même marteau, quand on lâchera le cordon lentement les pointes en remontant, feront frapper autant de coups qu'il y a de demi-heures paſſées. Si donc le nombre des coups en remontant eſt égal à celui des coups ſonnés en deſcendant, il s'enſuivra qu'il eſt l'Heure ſonnée en deſcendant & une demie avec. Si au contraire le nombre des coups en remontant eſt moindre d'un coup que ceux ſonnés en deſcendant, il s'enſuit qu'il n'eſt que l'Heure qui a été ſonnée en deſcendant & peut-être un quart avec. On conçoit bien qu'il faut que le pied-de-biche pour le retour du cordon ſoit ajuſté par expérience pour convenir aux demi-heures.

Conſtruction du Tambour.

Fig. 6. IL ſe fait quelquefois d'argent battu ; mais pour l'avoir plus facile, on le fait d'étain fin. Le diamétre de chaque fonds eſt d'environ 5 pouces, & tout le Tambour a deux pouces d'épaiſſeur tout monté. Il doit être bien paralléle & bien égal en tout ſens ; le dedans eſt diviſé en ſept caſes ou cellules & quelquefois en cinq, comme la figure le marque. On ajuſte autant de plans inclinés en languettes de même matiére, qu'on ſoude à chaque fonds & à la circonférence concave du Tambour ; elles ſont longues d'environ deux pouces chacune, comme BF, AL, EI, DH, CG. Elles ont une telle pente en tournant, qu'elles reçoivent l'eau par un petit trou, qui eſt percé au haut de chaque languette & vers la circonférence. C'eſt par ces trous que l'eau paſſe d'une cellule à l'autre. A meſure que cette machine roule en deſcendant, elle marque les Heures ſur un plan vertical par l'extrémité de l'axe qui la traverſe à angles droits en entrant en ſon milieu dans un trou quarré M. On met ordinairement dans les Tambours de cette grandeur 6 à 7 onces d'eau diſtillée. Car ſi elle n'étoit pas diſtillée, il faudroit la changer ſouvent, parce qu'il ſe formeroit un limon ou craſſe autour des petits trous qui ſont aux extrémités des deux languettes ; ce qui empêcheroit l'eau de paſſer comme il faut. Nous donnerons ci-après la maniére de diſtiller l'eau.

Avant que de mettre l'eau, il faut avoir grand ſoin de bien ſouder les

lames au fond & à la circonférence ; on les ſoude d'abord ſur un des fonds, puis on a un petit quarré d'argent qu'on ajuſte aux deux fonds & qui traverſe le Tambour ; enſuite on ſoude la bande en cercle qui forme la circonférence ; de maniére que l'eau ne puiſſe ſortir par aucun endroit. On la fait entrer par deux trous poſés ſur un même diamétre & éloignés également du centre M, puis on les bouche bien en les ſoudant de la même matiére, afin d'empêcher l'air d'entrer & l'eau d'en ſortir dans les mouvemens que la machine fait, en tournant avec ſon aiſſieu & en deſcendant inſenſiblement par le dévelopement des deux cordes fines qui entortillent l'axe.

Cette conſtruction ſe fait de cette maniére, quand les Tambours ſont faits d'argent ; mais lorſqu'ils ſont faits d'étain, (qui ſont les plus commodes) on fond dans un moule la circonférence avec un des fonds, enſuite on tourne l'une & l'autre en-dedans & en-dehors, afin que le tout ſoit bien égal d'épaiſſeur ; puis on acheve le Tambour de la maniére que nous venons de l'expliquer, en ſoudant les cellules avec de la ſoudure d'étain, & ſe ſervant pour cela de petits fers chauds.

On voit par la figure 6. que les languettes ou diviſions, qui ſont en-dedans du Tambour, ne viennent point ſe joindre les unes aux autres, mais finiſſent en G, H, I, L, F, afin que lorſqu'on remonte le Tambour, l'eau paſſe vîte d'une diviſion dans l'autre, de ſorte que le Tambour reſte à telle hauteur qu'on voudra, parce qu'à chaque mouvement qu'on lui donnera en le remontant, l'eau paſſant en groſſe quantité par les vuides qui ſeront de G en M, elle prendra auſſi-tôt ſon équilibre ; ce qui n'arriveroit pas, ſi les caſes étoient abſolument fermées, parce que les petits trous qui ſont aux extrémités des languettes n'étant pas ſuffiſans pour faire écouler l'eau auſſi promptement qu'il le faudroit, l'eau ne paſſeroit alors que goutte à goutte par ces petits trous.

Il eſt évident que ſi cette Pendule étoit ſuſpendue par ſon centre de gravité, comme il arriveroit ſi la ſurface de l'aiſſieu paſſoit exactement par le centre de la machine, elle demeureroit immobile, & que ce qui la fait mouvoir eſt qu'elle eſt ſuſpendue hors de ſon centre de peſanteur par les ficelles, qui entourent ſon aiſſieu, qui ne doit avoir, par rapport à la grandeur du Tambour & à l'eau qu'il contient, qu'environ une ligne ou une ligne & demie de groſſeur, & être bien égal en toute ſa longueur. Il n'eſt pas néceſſaire d'avertir qu'il doit être quarré par le milieu, afin de remplir juſte le trou des fonds du Tambour.

De la groſſeur de l'aiſſieu dépend la vîteſſe ou la modération du mouvement du Tambour ; car plus l'axe eſt gros, plus il deſcend vîte ; & moins il a de diamétre, plus il va lentement, en ce qu'il y a plus ou moins d'excentricité, & par conſéquent l'eau paſſe plus ou moins vîte d'une cellule à l'autre ; ce qui fait que la force de ſon mouvement ſe trouve plus ou moins balancée par la peſanteur de l'eau que contient la cellule oppoſée.

Si on vouloit avoir le plaiſir de voir la circulation de l'eau dans une de ces machines, on pourroit faire faire un Tambour, dont un des fonds ſeroit vitré. Toute la difficulté ne ſeroit que de trouver un maſtique, qui pût faire tenir les morceaux de glace qui compoſeroient ce fond ſur le métail du Tambour.

Pour monter cette Montre, quand elle eſt deſcendue preſqu'au bas des

cordes, il faut la hauſſer avec la main en la faiſant tourner, en ſorte que les cordes s'entortillent tout au long de l'aiſſieu également, & qu'il ſoit ſuſpendu horiſontalement.

Pour diſtiller facilement ſans feu l'eau que nous avons dit devoir être miſe dans les Tambours, on la fera paſſer dans une bouteille de verre ou de terre bien nette. Pour cet effet on mettra dans ſon ouverture un entonnoir de telle grandeur qu'on voudra, dans lequel on inſerera deux morceaux de papier blanc faits auſſi en entonnoir; puis ayant verſé l'eau, on la fera paſſer goutte à goutte dans la bouteille. On répétera cette opération pluſieurs fois, au moyen de quoi l'eau deviendra pure & claire, & ſe conſervera long-tems. On filtre encore l'eau au travers d'un morceau de drap; & l'ayant fait repaſſer quatre à cinq fois, on lui ôte toute ſa crudité & ſon impureté.

On peut mettre un peu d'eau diſtillée avec du thym ou du romarin, ou de l'eſprit-de-vin parmi l'eau, pour l'empêcher de geler l'hiver. Mais comme ces ingrédiens la rendroient un peu mordiquante, & par ce moyen pourroient faire agrandir les trous des cellules, il vaudroit mieux la laiſſer ſeule & attacher la machine à un endroit où elle ne pût pas geler dans le grand froid.

On peut faire de ces ſortes d'Horloges, dont le Tambour ſeroit enfermé dans une Boëte à pendule ordinaire. En diminuant la groſſeur de la ficelle & celle de l'aiſſieu du Tambour, on pourra tellement rallentir le mouvement du Pendule qu'il ne deſcendra en 24 H. que d'environ 10 pouces. Il pourroit ſonner les Heures & marquer les autres choſes que marquent les Pendules à roues les plus curieuſes.

Si le tuyau du milieu du Tambour eſt rond au lieu de quarré qu'il a
Fig. 8. coûtume d'être, il faudra y paſſer un axe rond qui portera une aiguille à une de ſes extrémités. Alors ſi l'on met ce Tambour ſur & au bord d'un plan incliné, le Tambour deſcendra tout doucement, & l'aiguille qui eſt attachée à ſon axe reſtant toujours perpendiculaire à l'Horiſon par ſon propre poids, marquera l'Heure ſur le bord du Plan incliné, à meſure que le Tambour deſcendra, pourvû qu'on ait eu ſoin de diviſer en 12 parties l'eſpace que le Tambour aura parcouru en 12 H. Il faut pour cela que le Tambour ſoit bien tourné & d'égal diamétre à un fond & à l'autre, & que le plan incliné ſoit bien poli & égal. Pour remonter le Tambour, il n'y aura qu'à le porter au haut du plan & le mettre ſur l'Heure. Il ne faut ni corde ni contre-poids pour cette Horloge, qui ſera ſoutenue ſur le plan par le contre-poids de l'eau, laquelle s'écoulant lentement d'une caſe à l'autre, fera perdre avec lenteur l'équilibre au Tambour.

CHAPITRE VIII.

Conſtruction d'un Cadran pour connoître les vents ſans ſortir de ſa chambre.

XXXIII Planche Fig. 7. IL faut attacher au plancher de la chambre, ou au manteau de la cheminée, ou à une muraille, un grand cercle diviſé en 32 airs ou rhumbs de vents, de ſorte que le Nord & le Sud répondent à la ligne Méridienne: ce qu'on

qu'on pourra facilement faire par le moyen d'une Bouſſole. Il faut que le Cadran dont on veut faire uſage, ait une aiguille mobile autour de ſon centre, comme les Cadrans des Horloges ordinaires, & que cette aiguille ſoit attachée à un aiſſieu perpendiculaire à l'Horiſon, lequel aiſſieu ſe puiſſe mouvoir facilement au moindre vent, & ce par le moyen d'une giroüette qui doit être placée au-deſſus du toît de la même chambre. Car le vent faiſant tourner la giroüette fera auſſi tourner ſon aiſſieu & en même tems l'aiguille qui lui eſt attachée, laquelle de cette maniére montrera ſur le Cadran le vent qui ſouffle.

Par le mouvement de la giroüette A B, qui doit être de fer, & fixément attachée avec l'aiſſieu C D, cet aiſſieu auſſi tourne avec elle. Cette branche de fer eſt poſée verticalement à l'Horiſon, & ſoutenue en haut par le plan horiſontal E F, qui eſt une piéce de fer attachée à quelque endroit pour maintenir l'aiſſieu. Au bas dudit aiſſieu eſt poſé un quarré d'acier G H, ſur lequel eſt frappé un coup de pointeau pour faire entrer la pointe de l'axe qui doit être d'acier trempé, ſur lequel il s'appuie en D; de ſorte que ne s'appuyant preſque que ſur un point, il puiſſe ſe mouvoir avec beaucoup de facilité & au moindre vent. Le pignon I K doit avoir ſeize ailes cannelées & égales pour les ſeize principaux vents. On fait engrainer dans ces ailes les dents du rouet L M, qui en a auſſi 16, ſuivant les vents marqués au Cadran, & qui par ce moyen eſt mis en mouvement par la giroüette, & fait auſſi tourner ſon aiſſieu P Q, qui étant poſé paralléle à l'Horiſon, traverſe le mur T à angles droits auſſi-bien que le Cadran qu'on attache à la muraille. L'aiguille R, qui marque les vents, eſt attachée au bout de cet aiſſieu & fait le même mouvement que lui. Les noms des vents doivent être diſtingués au Cadran par des lettres capitales, comme aux Bouſſoles dont nous avons parlé ci-devant. Fig. 7.

On voit par la diſpoſition de toute la machine que le vent faiſant tourner la giroüette A B, elle entraîne avec elle le grand aiſſieu C D, qui fait auſſi tourner en même tems le pignon I K, auquel engrainent les dents du rouet L M. Ce rouet faiſant tourner le pignon auſſi bien que ſon axe, entraîne par conſéquent l'aiguille qui lui eſt attachée à l'extrémité; & par ce moyen on a le plaiſir de ſçavoir le vent qui regne, ſans ſortir de ſa chambre.

Quand le lieu où l'on veut placer le Cadran eſt un peu éloigné du haut de la maiſon où doit être toujours placée la giroüette, on peut allonger le grand axe tant qu'on voudra avec des vis, & même faire des renvois par des pignons & des roues; tout cela eſt facile à entendre.

La conſtruction de cette machine ſe trouve expliquée dans le ſecond tôme des *Récréations Mathématiques* de M. Ozanom, d'où nous avons tiré une partie de celle que nous venons de donner.

Conſtruction d'un Anémométre, pour connoître la force des vents.

FAites un chaſſis A B, au haut duquel ſeront percés deux trous pour recevoir dans l'épaiſſeur des deux montans A B l'aiſſieu C, qui porte la roue à vent D, en ſon milieu, entre les montans la poulie E, & au bout l'aiguille F. Le Cadran G eſt attaché ferme au montant B, & diviſé en 32 parties; il a ſon centre percé comme le montant, & traverſé par l'aiſſieu C. On attache à chaque montant deux traverſes H I; celle H eſt percée à XXXIII Planche. Fig. 9.

plomb ſous le creux de la poulie E ; celle I de même, mais d'un plus grand trou. Faites paſſer le tuyau K dans les trous des traverſes H I en L M, pour faire tourner librement le chaſſis ſur le tuyau ; arrêtez bien le tuyau ſur l'endroit expoſé au vent ; attachez une corde à la poulie E, laquelle paſſera dans le tuyau juſqu'à ce qu'elle vienne joindre & tourner ſur une poulie dont l'aiſſieu portera l'aiguille du Cadran : le reſte de cette corde ſera chargé de pluſieurs petits poids en chapelet, & poſé ſur un plan horiſontal. Quand le vent ſouflera, la poulie E enlevera les petits poids en nombre ſuffiſant pour faire contrepoids à la violence du vent : cette corde ainſi tirée fera tourner l'aiguille, & marquera le dégré de force du vent. On attachera une maniére de giroüette au montant B, qui fera tourner les ailes ou la roue au vent D du côté convenable.

M. le Comte d'Onſembray a fait conſtruire un de ces Inſtrumens en grand pour ſa Maiſon de campagne à Bercy près Paris. Sa deſcription ſe trouve fort au long dans les *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'année* 1734. A ce ſujet M. l'Abbé Nollet a dit (dans ſes *Leçons de Phyſique expérimentale, pag.* 497 *du Tome* 3. imprimé à Paris en 1745.) que de toutes les Machines propres à meſurer la force des vents, il n'y a rien de plus ingénieux ni de plus complet que celle-là ; que non ſeulement elle marque la direction & la viteſſe des vents, mais encore qu'elle en tient compte pour l'Obſervateur abſent ; enſorte que l'on voit après 24 heures, quels vents ont régné, & quelles ont été pendant cet eſpace de tems la durée & la viteſſe de chacun.

Le même Auteur ajoûte : » On peut connoître la force relative des » vents par le moyen d'un petit Moulin, dont l'arbre eſt garni d'une fuſée » conique, ſur laquelle on enveloppe une corde qui tient un poids ſuſ» pendu ; car en expoſant cette machine à l'air libre & dans une direction » convenable, le petit Moulin tourne d'abord, & s'arrête enſuite, quand » le poids qui tire ſur la fuſée lui fait équilibre ; or comme les rayons de » cette fuſée ſont connus, ou faciles à connoître, on peut aiſément com» parer les forces qui ont fait équilibre aux vents en différens tems. » &c.

Fin du huitiéme Livre.

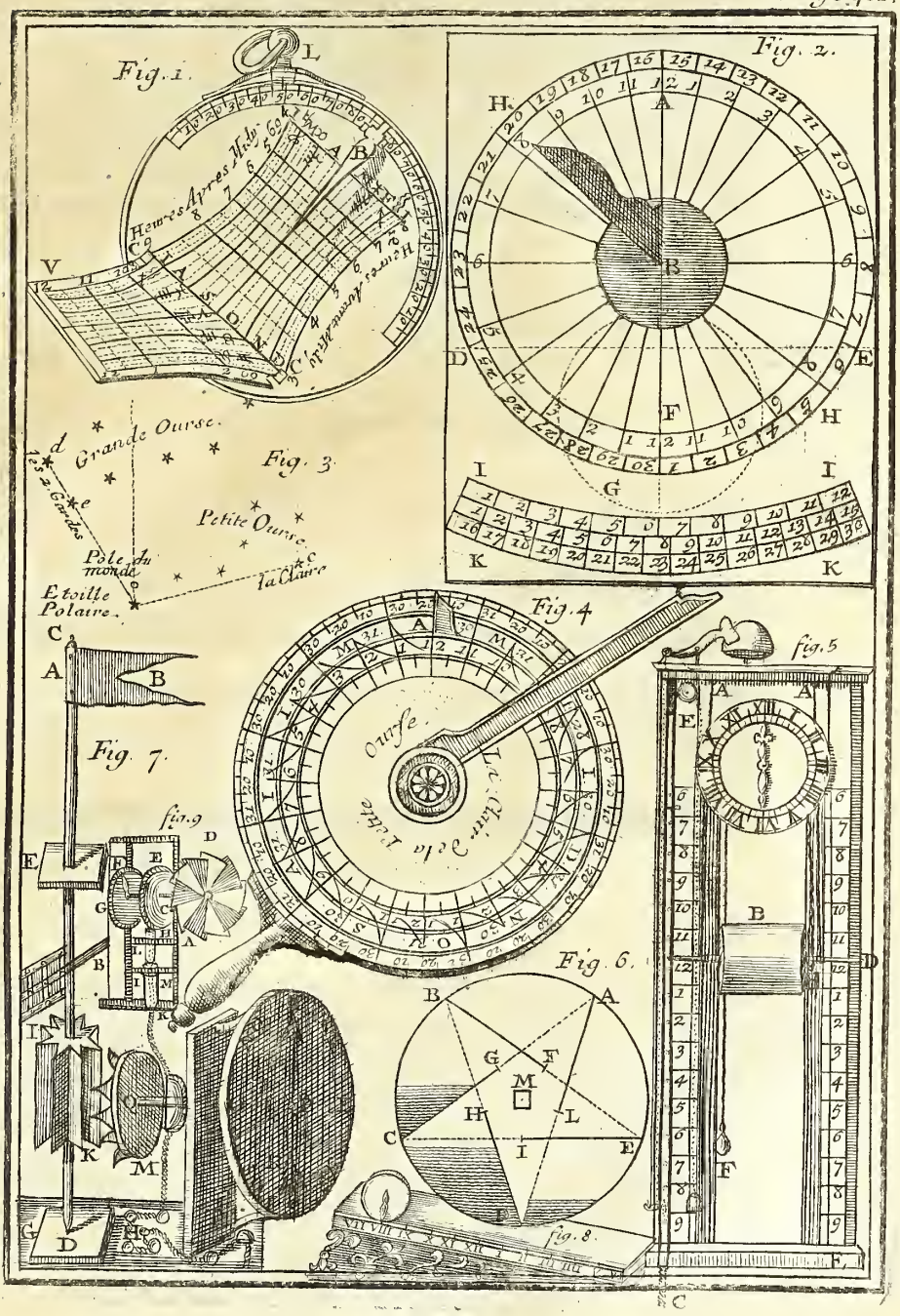


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Grande Ourse.
Petite Ourse.
Pole du monde
Etoille Polaire
Fig. 4
Ourse.
Fig. 5
Fig. 6.
Fig. 7.
fig. 8
fig. 9

DE LA CONSTRUCTION ET DES USAGES DE PLUSIEURS INSTRUMENS DE MATHEMATIQUE, DE PHYSIQUE, & de Machines différentes, qui ont raport à ce Traité.

LIVRE NEUVIÉME.

CHAPITRE PREMIER.

Construction du Compas pour tracer les grandes circonférences de cercle.

CETTE figure 1 représente le petit compas pour tracer de très-grands cercles, soit dans la Fortification soit dans l'Architecture. Cette machine inventée par Mr Perrault (qu'il a communiquée au Public dans son Vitruve) consiste en trois piéces, qui sont deux roues A, C, & l'aissieu B. Ces deux roues ne sont pas d'un méme diamétre; A est la plus grande, attachée à l'axe ou aissieu marqué BH I; C est l'autre roue plus petite, qui peut couler le long de l'axe & être arrêtée par la vis D sur le dégré qui marque le diamétre du cercle, de la circonférence duquel on veut décrire une portion. Ces roues ont chacune deux tranchans, dont l'un est aigu pour marquer la ligne simple E, l'autre est dentelé & marque la ligne ponctuée G : les dents sont pour empêcher que la machine ne vacille, lorsqu'on appuie sur l'axe pour faire qu'en rou-

XXXIV Planche. Fig. 1.

lant, elle imprime sa route, qui fait les traces. H I est l'échelle gravée sur l'axe où sont les dégrés qui marquent les toises, les pieds & les pouces, qu'a le diamétre du cercle dont on veut décrire une portion. Car à mesure qu'on fait approcher la roue mobile C de l'extrémité I de l'axe, la machine décrit la portion d'un plus grand cercle, parce que ces deux roues inégales en diamétre représentent un cône tronqué, dont la portion est celle d'un cône d'autant plus long que les roues sont plus éloignées l'une de l'autre. On sçait que de deux cônes qui ont une même base, celui dont le sommet est plus éloigné de la base, décrit avec la circonférence de sa base un plus grand cercle lorsqu'on le fait rouler sur un plan, que ne fait celui dont le sommet est plus proche de la base & qui est plus court. Les divisions sur l'axe de H en I se font par expérience, quoiqu'il soit possible de les faire par le calcul. On peut tracer un cercle de trente toises de diamétre avec un pareil compas de quinze pouces.

Usage.

ELoignez une roue de l'autre d'autant de divisions qui seront marquées & que vous souhaiterez sur l'axe; ferrez la vis D, & appuyant sur l'axe entre les deux roues, faites rouler la machine sur un plan égal, sur lequel ces roues peuvent marquer comme leurs routes, vous décrirez le cercle demandé. La figure fait voir que plus ces roues seront éloignées l'une de l'autre, plus le cercle sera grand en diamétre.

Pour tracer le fust des colonnes, leurs retréciſſemens ou renflemens, on se servira du compas à verge à trois pointes, dont nous avons parlé au Livre III. pag. 69. & que la Fig. K, de la Planche VIII. représente.

CHAPITRE II.

Des Machines Hydrauliques.

LEs principales Machines Hydrauliques destinées à élever l'eau sont ou simples, ou composées. Nous mettons au rang des simples les roues creuses, les chapelets & les vis d'Archiméde: les composées sont les pompes telles qu'elles puissent être.

Construction d'une Roue propre à élever l'eau.

XXXIV Planche. Fig. 2.

ATtachez un peu obliquement à la circonférence de la Roue A B C plusieurs auges, de maniére que quand la Roue tourne sur son aissieu, ces auges puisent l'eau inférieure pour la décharger tour à tour dans le vaisseau commun D, qui est un peu éloigné de la Roue, afin de laisser passer ces auges vuides en descendant.

Usage.

SI l'on attache des ailes de moulin ordinaire à cette Roue en les plaçant sur le courant d'une riviére, elle tournera & enlevera l'eau; mais au

défaut d'un courant comme ſur le bord d'un réſervoir, on ajoûtera à cette Roue & ſur ſon aiſſieu une autre roue comme celle qu'on met aux grues pour élever les fardeaux, en y faiſant marcher des hommes ou un cheval. Cette ſorte de roue à auges eſt préférable aux autres, en ce qu'elle éléve l'eau de toute la hauteur de ſon diamétre. On en voyoit une au Château de Bélébat près Fontainebleau ſur la Riviére d'Eſtampes qui portoit 50 pieds de diamétre; elle portoit des arcs de circonférence & étoit miſe en mouvement par le courant de l'eau. Il faut avoüer que cette machine a bien des avantages, même ſur les pompes & par ſa ſimplicité, & parce que le premier & le plus ſimple Charpentier ou Charron peut remédier à tous les accidens.

Conſtruction d'un Chapelet propre à élever l'eau.

LA figure 3me repréſente la Machine qui élevoit l'eau pour jaillir dans le jardin de la Bibliothéque du Roi à Paris. Avec une partie de la chute d'un baſſin ou d'une ſource foible, ce Chapelet éleve l'autre partie de l'eau à une hauteur conſidérable.

A eſt le baſſin où l'eau eſt ſuppoſée contenue; B eſt la cuvette de deſſous dans laquelle l'eau du baſſin A ſe décharge de ce qu'il a de trop; C eſt le bout du tuyau qui conduit cette eau, D D ſont les godets du petit Chapelet qui montent, F F ſont les mêmes godets qui deſcendent; G eſt le tuyau par lequel la cuvette de deſſous ſe décharge dans le godet H qui eſt à ſa hauteur; quand ce godet eſt plein il s'en va par-deſſous; & à cauſe de ſa figure en pointe, l'eau coule dans le godet inférieur I; & ainſi de ſuite pour tous les godets qu'on ne voit pas & qu'on ſuppoſe deſcendre dans le puits ſec. K K ſont ces mêmes godets qui montent vuides & renverſés. L L ſont ces mêmes godets qui deſcendent droits & vuides juſqu'en H; M eſt la cuvette de deſſus, N le tuyau qui porte l'eau de cette cuvette dans le baſſin A pour y faire ſon jet. O eſt un délai compoſé d'une roue concentrique à celle qui porte les godets, d'un pignon & d'un balancier qui ſervent à donner un mouvement égal & non précipité & par ſaut à la machine. P P eſt le tambour qui porte les godets.

Uſage.

QUand les godets H I & leurs inférieurs ſont pleins & d'un poids plus fort que les petits D D qui ſont auſſi pleins, ils font tourner le tambour & enlevent ceux D D, qui ſe vuident en M. Les godets H I arrivés au fond du puits ſe renverſent auſſi & ſe vuident tour à tour. Ils ne remontent vuides que quand d'autres godets s'étant remplis par le tuyau O, ont acquis aſſez de poids pour enlever encore d'autres godets D D.

Si le tambour, qui porte les godets H L K, eſt plus grand en diamétre que celui qui porte les godets F D quoique concentrique, alors on perdra moins d'eau; mais la cuvette M ne ſera pas ſi élevée non plus que le jet; ou bien ſi le puits eſt de deux fois plus creux que B M, les godets H L K en même nombre ſeront plus éloignés les uns des autres, & l'on perdra encore moins d'eau quoique la cuvette M, le tambour & les godets H L K reſtent les mêmes.

Conſtruction d'une Pompe aſpirante.

VOus voyez que A B eſt une Pompe aſpirante, B G eſt un vaiſſeau de cuivre ou d'étain qu'on fait entrer juſte dans le bout du tuyau A B ; ce vaiſſeau eſt percé de pluſieurs trous en B, pour donner paſſage à l'eau & en arrêter en même tems les ſaletés. Il peut ſe mettre & retirer à volonté au moyen de deux vis. Mais ſi l'on veut, on attache tout ſimplement au bout du tuyau A B un panier lié avec une corde, & une toile au bout du tuyau A B, ce qui produit le même effet que le vaiſſeau B G.

Il ſeroit à propos que la Pompe A B fût de trois piéces, qui ſeroient jointes & retenues enſemble par des vis, ſi elle eſt en cuivre, ou liées par des cercles de fer, ſi elle eſt de bois. La premiere piéce ſeroit faite depuis A juſqu'en C, & d'un plus petit diamétre d'ouverture ; la ſeconde depuis C juſqu'en H : ſon diamétre ſeroit plus grand, & égal intérieurement à la groſſeur du piſton ; la 3me depuis H juſqu'à B, d'un diamétre égal à A C. Ainſi le corps de la Pompe s'étendroit depuis C juſqu'en H, tellement que la partie C H ſeroit le corps de pompe, plus large que le tuyau A C, & la partie de H B auroit moins de diamétre que le corps de pompe de toute ſon épaiſſeur. Au deſſous du vaiſſeau B G, & au bout du corps de pompe (qui n'eſt autre qu'un tuyau de bois rélié de deux cercles de fer en C & en H, ou qu'un tuyau de cuivre) eſt une ſoupape H, retenue par des charniéres ou par des cloux, ſi elle n'eſt que de cuir. C E eſt le piſton de bois bien arrondi & tellement revêtu de cuir qu'il faſſe exactement le tour du renflement & ſans couture, mais le cuir retenu par des cloux dans des rainures deſſus & deſſous le renflement en E & en F. Ce même piſton eſt percé en F d'un trou à peu près du diamétre du tuyau A C, & ce trou eſt couvert par la ſoupape F ; laquelle eſt faite de cuir, attachée ſur le rebord d'un piſton & chargée d'une plaque peſante de plomb, & d'un diamétre plus grand que le trou. Enfin K eſt le manche du piſton ; A I eſt un tuyau ou canal ſoudé à A C, comme il ſe voit en la figure, pour recevoir & rendre l'eau quand elle eſt montée vers A.

Uſage.

QUand avec un levier ou manivelle on baiſſe le piſton K E, l'air qui étoit entre E H paſſe ſur F, & ferme la ſoupape F par ſon poids, de ſorte qu'en levant le piſton, l'eau étant moins preſſée en B G, ſouleve la ſoupape H & entre dans la cavité H E. Quand le piſton C E eſt encore abaiſſé, l'eau ne peut ſortir par H où elle étoit entrée à cauſe de la ſoupape H fermée. Cette eau paſſe donc par le canal E F, ſouleve la ſoupape F & ſe place ſur le piſton C E, & après pluſieurs repriſes le reſte du tuyau F A s'emplit, & ſe dégorge par l'ouverture I : le piſton C E pourroit être élevé de l'eau d'environ 25 pieds, & n'avoir qu'un demi-pied de jeu en montant & deſcendant.

Conſtruction d'une Pompe foulante.

CEtte Pompe s'appelle *foulante*, parce que ce n'eſt qu'en foulant ou preſſant le piſton qu'on l'a fait agir. Ce piſton n'eſt point percé. Ce n'eſt

qu'un cylindre qui a ſeulement un collet revêtu de cuir bien attaché.

Remarquez que cette figure B O eſt un tuyau de métail d'égale groſſeur, mais coudé en O, où il devient d'un diamétre plus petit; au-deſſus de O eſt un collet pour joindre le tuyau D avec des vis en M. Entre ces collets on met un cercle de cuir, & entre ces cercles une platine percée ſur laquelle eſt attachée une ſoupape, comme celle de la précédente Pompe, qui s'ouvre vers D. Le gros tuyau a ſon piſton R & ſa ſoupape E, laquelle s'ouvre vers O N. A ce gros tuyau ou corps de Pompe eſt attaché un autre tuyau qui peut avoir environ 25 pieds de longueur, lequel eſt tellement plongé dans l'eau qu'il y a ſon ouverture Q. Cette ouverture eſt fermée d'une plaque de cuivre percée de pluſieurs petits trous pour laiſſer paſſer l'eau & retenir les ſaletés. Le tout eſt ſoutenu d'une charpente.

Uſage.

LE piſton R étant élevé par quelque puiſſance que ce ſoit, comme levier, manivelle, corde, &c. l'eau entre par les trous de la piéce Q & ouvre la ſoupape E vers O: elle remplit la capacité E C. Le piſton étant abaiſſé avec le ſecours des ſuſdites puiſſances, l'eau contenue en E C ne peut plus retourner vers Q, parce que la ſoupape E eſt fermée par l'eau, & cette eau oblige l'autre ſoupape, contenue dans le collet M, de s'ouvrir pour entrer en D & s'y élever. Si on éleve encore le piſton R, l'eau contenue de M en D ne peut plus deſcendre entre M & C, parce que la ſoupape M étant fermée par ſon poids l'en empêche. Auſſi-tôt de nouvelle eau entrant par Q ouvre la ſoupape E & vient ſe loger en E C, & pareillement, comme nous venons de le dire, en M D à pluſieurs repriſes, juſqu'à ce que le tuyau montant D ſoit entiérement rempli d'eau pour ſe vuider enſuite par ſon ouverture.

Comme il eſt toujours aſſez difficile d'empêcher les ſaletés de ſe gliſſer avec l'eau par les trous qui ſont en Q, on renverſe cette Pompe, & le manche du piſton s'attache à une eſpéce d'étrier E F G, ainſi que les lignes ponctuées de la fig. 6 le montre; & le tuyau B O tourne en ſens contraire. La puiſſance alors eſt appliquée en L. En baiſſant le piſton par le moyen de l'étrier, l'eau entre, & elle eſt foulée en le relevant. On appelle ces Pompes *aſpirantes & refoulantes* tout enſemble: *aſpirantes* par le tuyau D M, & *refoulantes* par le tuyau Q. Alors les ſoupapes M & E doivent être placées & tournées de façon qu'elles s'ouvrent en ſens contraire.

Conſtruction d'une Pompe propre à fournir continuellement de l'eau.

ON a donné dans la derniére Edition des *Recréations Mathématiques* de Mr Ozanam, la conſtruction d'une pareille pompe, laquelle eſt compoſée de trois tuyaux, quatre ſou-papes & un piſton avec un collet qui doit l'embraſſer bien juſte. Cette machine eſt fort ingénieuſe. Nous en propoſons une qui ne ſeroit pas moins utile, peut-être la trouvera-t-on plus ſimple. G P H eſt l'étrier ordinaire, L le lieu où eſt appliquée la puiſſance, A le corps de pompe; c'eſt un tuyau fort ouvert par les deux bouts A B, l'ouverture B fermée d'une platine de plomb ou de cuivre percée de pluſieurs petits trous; ce tuyau A B a une ſéparation O O forte & épaiſſe, Fig. 7.

deux ouvertures près de cette cloiſon en Q Q ; E E ſont deux piſtons faits comme ceux de la pompe foulante à étrier fig. 5. ci-deſſus ; N Z deux ſoupapes ordinaires, *m m* des écrous qui joignent le tuyau D à celui A B, C eſt une ſou-pape en loſange qui ferme une ouverture Q quand elle ouvre l'autre Q, & qui pour cela a ſa charniere forte, & contre la ſéparation O O du tuyau A B ; mettez toute la machine dans l'eau bien ſoutenuë & retenue à quelque charpente.

Uſage.

ON pourroit appeller cette *Pompe continuelle*, parce qu'elle ne ceſſe de fournir de l'eau, ſoit qu'on léve ou qu'on baiſſe l'étrier. En effet quand l'étrier G P H deſcend, l'eau entre par A & la ſou-pape Z dans la cavité O Z Q, en même tems le piſton E N deſcend en O Q dans la partie ſupérieure de A B ; ſi on éleve l'étrier G P H, la ſou-pape Z eſt fermée par le poids de l'eau en O Z Q, l'eau preſſée paſſe par le trou inférieur Q, ouvre la ſou-pape C, qui ferme le trou Q ſupérieur & entre dans le tuyau D ; pendant ce tems le piſton N E s'eſt auſſi levé, & l'eau eſt entrée dans la partie du tuyau ſupérieur en N O Q. Si donc on baiſſe l'étrier G P H, la ſou-pape N ſe ferme par la rencontre de l'eau qu'elle preſſe, laquelle eſt obligée de s'échapper en D par le trou Q ; & la ſou-pape C du tuyau ſupérieur (laquelle s'ouvre du côté du tuyau ſupérieur) ſe ferme du côté de l'inférieur & l'eau monte en D avec la premiére. Si on reléve encore l'étrier, on recommencera ce qu'on a déja fait ; mais ſi l'on baiſſe l'étrier, ce ſera l'eau de la partie B du tuyau qui montera en D ; ſi on éléve l'étrier, ce ſera l'eau de la partie A qui montera en D. L'adreſſe conſiſte à bien joindre le tuyau D à celui A, & à bien faire la ſou-pape C en loſange.

CHAPITRE III.

Conſtruction d'un Chaſſis à deſſiner des vûes.

Fig. 8. CE Chaſſis eſt un inſtrument compoſé d'un petit cylindre creux marqué A en forme de tuyau de lunette, bouché par un bout, & percé à ce bout d'un petit trou B, pour ſervir de viſiére à l'œil C : ce cylindre eſt porté ſur le pivot D ; ce pivot eſt attaché perpendiculairement à la piéce de bois E de 7 ou 8 pouces de long. Dans cette piéce ſont entaillées deux tringles de bois F F de 2 ou 3 pieds de long ſur 3 pouces de large, & un d'épaiſſeur ; & par l'extrémité G les tringles ſont emboëtées comme en E. Enſuite on fait un chaſſis quarré-long comme le cadre d'un tableau H I K L dont les bords larges d'un pouce ſont percés d'un pareil nombre de petits trous également éloignés les uns des autres ſur chaque bord oppoſé. On paſſe des ſoies par ces trous, ſçavoir du trou d'en haut à celui d'en bas, & d'un côté à l'autre pour faire des quarreaux avec ces ſoies, ſemblables à ceux des raquettes à jeu de paulme. Dans le bord inférieur ſera faite une mortoiſe pour y faire couler perpendiculairement au cadre les tringles F F qu'on arretera au point de longueur qu'on ſouhaitera avec une vis deſſous N ; enfin on ajuſtera un pied à cet inſtrument, qui conſiſtera en un

pied

pied ordinaire d'instrument, avec cette différence, que la boule, qui roule dans la coquille du genou, sera attachée à un morceau de bois percé comme le bord inférieur du cadre, afin d'y laisser couler les tringles F F : & afin qu'on les puisse arrêter où l'on voudra sur le pied, on mettra la vis N au-dessus de ce morceau de bois, ou en dessous, comme on le trouvera plus commode.

Usage.

Soit proposée la vûe d'une Côte ou d'un Château à dessiner, pour servir de reconnoissance aux voyageurs, ou de divertissement à la vûe. Après avoir regardé par le compas de variation à quel dégré de déclinaison est cette Côte ou ce Château par rapport au lieu où l'on est, on dressera à terre le Chassis sur son pied, ou on placera la machine auprès de quelque mât si l'on est sur mer, tournant le cadre H I K L vers l'objet, & le cylindre C vers l'œil. On fera sur une feuille de papier autant de carreaux qu'il y en a dans le Chassis par les soies qui se croisent. On mettra l'œil au cylindre, & l'on verra par quel carreau du Chassis passe, par exemple, le rayon qui vient du haut d'une Tour, pour le dessiner sur le papier dans le carreau qui répond à celui par où passe ce rayon dans le Chassis. On fera de même pour le pied de la Tour, & pour toutes les parties de l'objet qu'on rapportera sur le papier dans les carreaux correspondans à ceux par où ces parties envoient leurs rayons jusqu'à l'œil. Par ce moyen on aura une vûe sur le papier telle qu'elle paroît sur la terre.

Si le cadre du Chassis n'embrasse pas tout l'objet qu'on veut dessiner, on en avancera le point de vûe A, ou bien on approchera le Chassis du cylindre A le long des tringles E F, alors l'angle formé par les côtes du cadre, & l'œil étant plus grand, on découvrira plus d'étendue. On pourroit même promener le cylindre vers O, ce qui le mettroit en alignement avec le côté du cadre & donneroit le double d'étendue à ce cadre ; parce que quand on auroit dessiné tout le côté droit qui auroit rempli le cadre de ses rayons, on porteroit le cylindre à droit en alignement avec l'autre bord du cadre, pour dessiner tout le côté gauche de l'objet qui rempliroit le cadre de ce seul côté.

Construction d'un autre Chassis servant à dessiner sans sçavoir le dessein.

Cet Instrument est un Pentographe posé & attaché à un plan vertical, comme le cadre ci-dessus A E ; la feuille de papier sur laquelle on conduit le porte-crayon est aussi attachée ou collée sur ce plan vertical ; & au lieu d'une pointe perpendiculaire au Pentographe, laquelle est conduite sur tous les traits du dessein à copier, c'est ici un petit index C. A quelque distance, comme d'un pied ou deux, on éleve perpendiculairement à l'Horison sur une tige un point de vûe B, qui n'est autre chose qu'un morceau de cuivre percé d'un petit trou & placé de sorte que le plan vertical A E & l'index C soient entre le payſage qu'on se propose de dessiner & le petit trou B. Fig. 9.

Usage.

REgardez par le trou B le payſage en queſtion, conduiſez le plan vertical A E à telle diſtance que vous voudrez de B vers l'objet à deſſiner, & conduiſez l'index C du Pentographe, de ſorte qu'il cache ſucceſſivement les contours du payſage en les regardant par le point B; alors le crayon E du Pentographe décrira ces mêmes contours, avec cette différence qu'il faudra renverſer la feuille de papier pour y voir le payſage deſſiné. Il n'y a qu'à conſulter ce que nous avons dit ci-deſſus du Pentographe, Livre III. Chap. II. pag. 73.

Ce Pentographe pourroit être conſtruit, de maniére à ne pas faire craindre que le poids de ſa partie ſupérieure entraînât l'inférieure, en lui donnant la figure d'un double parallélogramme, comme en la figure 10. Il eſt compoſé de deux longues régles & de quatre petites : le centre du mouvement eſt toujours au milieu, & le reſte eſt comme au Pentographe ordinaire.

Fig. 10.

Conſtruction d'un Oeil artificiel & d'une Chambre obſcure portative.

NOus avons enſeigné Livre IV. chap. VI. pag. 141 & 142, de quelle maniére les objets ſe peignent dans l'œil par l'expérience de la chambre fermée. Il faut convenir que cette peinture ſe trace très-imparfaitement ſur une toile oppoſée au trou fait dans la fenêtre d'une chambre exactement fermée de toute autre part; c'eſt pourquoi nous avons auſſitôt ajoûté qu'il falloit mettre un verre convéxe à ce trou pour avoir ſur une toile placée au foyer de ce verre une image très-nette & très-diſtincte des objets de dehors éclairés du Soleil. On a ſuppléé à l'embarras de fermer une chambre exactement par la conſtruction d'un œil artificiel que nous décrivons ici, telle que défunt Mr Poliniére, ſi connu par l'habileté & l'adreſſe qu'il avoit à pratiquer les *expériences de Phyſique*, nous l'a donné dans ſon Recueil qui porte ce titre d'après Mr Ozanam qui l'avoit déja donné dans ſes *Recréations Mathématiques.*

Une eſpéce de boule de bois creuſe à peu près faite comme une boëte à ſavonnette forme la principale partie de l'œil artificiel. A un de ſes pôles B C eſt un trou où eſt placé un verre convéxe ou lenticulaire dont le foyer eſt de la longueur de tout le diamétre de la boëte. Il eſt bon que ce diamétre ou foyer ſoit d'environ 5 à 6 pouces, afin de pouvoir produire quelqu'effet agréable. A l'autre pôle A H de la boule eſt un autre trou plus grand que celui B C, que l'on ferme avec un vélin ou papier huilé collé en dedans de la boëte, ou avec une glace qu'on a dépolie.

XXXV. Planche. Fig. 11.

On ſupplée à cette boule par deux tuyaux G & F, qui entrent l'un dans l'autre, & qui ſont noircis en dedans. En F eſt placé le verre convéxe, & en G eſt le vélin huilé qu'on avance ou recule à volonté.

Uſage.

PLacez dans l'obſcurité l'œil en A H pour regarder le verre dans l'ouverture B C, on appercevra diſtinctement tous les objets extérieurs qui s'y repréſentent avec toutes leurs couleurs très-vives, mais en ſens contraire à la nature, c'eſt-à-dire que tous les objets ſeront vûs renverſés; ainſi les

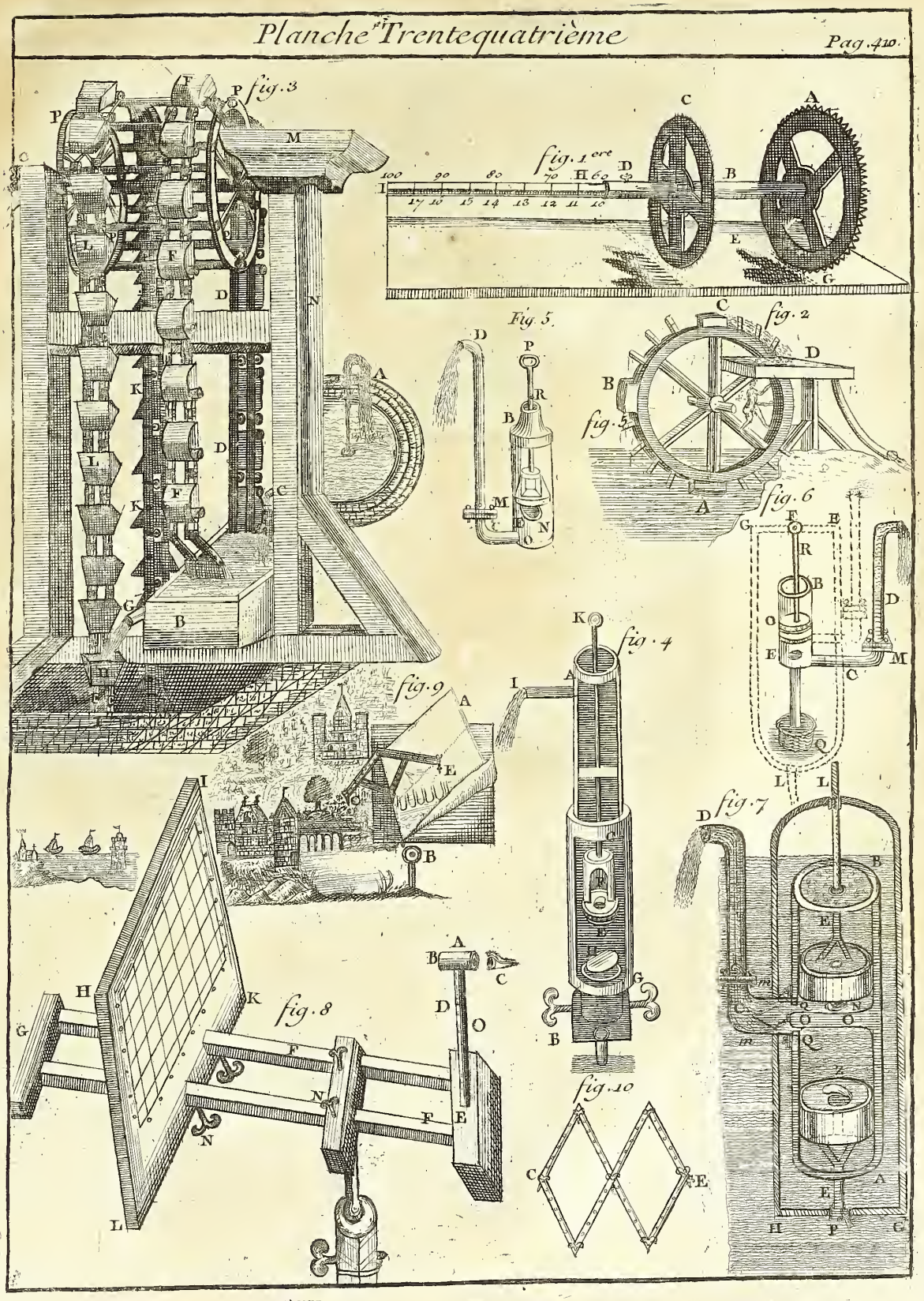


fig. 3
fig. 1ere
fig. 2
fig. 5
fig. 6
fig. 4
fig. 9
fig. 7
fig. 8
fig. 10

clochers, par exemple, paroîtront en haut & leurs pointes en bas. Comme auſſi ce qui eſt à droite paroîtra à gauche, & ce qui eſt à gauche paroîtra à droite.

L'image n'eſt exacte & diſtincte ſur le vélin huilé, que quand il eſt à certain point, parce que c'eſt-là que les rayons de lumiére, partis de différens points de l'objet & briſés en B C, en entrant & ſortant de la lentille ou verre convéxe, ſe réuniſſent, & que pluſieurs rayons venant d'un même point de cet objet ſur toute la ſurface du verre, ſe raſſemblent en un ſeul point à ſon foyer. C'eſt pourquoi la boule doit s'ouvrir à vis ou à couliſſe en D E, afin de pouvoir éloigner ou approcher plus ou moins les deux pôles B C & A H; de ſorte que l'on ſaiſiſſe le foyer de ce verre, & que l'objet s'y peigne plus diſtinctement. L'ouverture B C ſera comme la prunelle de l'œil humain, & le verre les humeurs, qui renfermées dans les tuniques convéxes en font le cryſtallin & autres parties de cet organe; & H A ſera comme la rétine, ſur laquelle l'objet ſe peignant délicatement, affecte ou ébranle cette rétine, où aboutit par mille rameaux l'extrémité du nerf optique.

Si l'objet n'eſt pas directement oppoſé au verre convéxe, l'image ſera d'autant plus confuſe que l'inclinaiſon ſera plus grande, parce que les rayons, qui viennent d'un même point de l'objet ſur toute la ſurface de la lentille, ſe briſant, feront en leur réunion un angle plus obtus, dont la pointe moins vive touchera d'une maniére moins nette le vélin huilé ou le filet du nerf optique. C'eſt de cet attouchement plus ou moins vif & net que ſe fait la viſion plus ou moins diſtincte. C'eſt par cette raiſon qu'on ne voit pas également toutes les parties d'un même objet qui ſe préſente, à moins qu'on ne tourne l'œil ſucceſſivement vers chaque partie.

Si le vélin huilé eſt trop près de la lentille, l'image de cet objet ſera plus confuſe par cette même raiſon, puiſque les rayons n'étant pas encore réunis en leurs points convenables, ils ne feront pas cette pointe ou pinceau qui doit toucher en un point le vélin ou le nerf optique. Cette image y ſera même plus petite, parce que ces rayons briſés ne feront pas tant écartés qu'ils le pourroient être les uns des autres.

Si au contraire le vélin huilé eſt trop éloigné, l'image de l'objet ſera encore confuſe, parce que les rayons ne feront plus réunis dans leurs points convenables.

Plus l'ouverture B C eſt grande & plus il y entre de rayons, plus par conſéquent il ſe préſente d'objets ſur le vélin huilé, pourvû que la convexité du verre ſoit la même. Il faut cependant que ce vélin ſoit dans l'obſcurité du verre, parce que la clarté eſt un obſtacle à la diſtinction des objets: on pourroit même dire que c'eſt la clarté ſeule qui borne la diſtance de la vûe de toutes choſes d'ailleurs égales, parce que plus l'objet eſt éclairé & plus l'œil eſt dans l'obſcurité, obſcurité néanmoins qui eſt telle que les rayons de l'objet peuvent venir à lui. Moins ces rayons ſeront traverſés & agités, mieux ils ſe conſerveront, & plus la viſion ſera diſtincte & de diſtance conſidérable.

C'eſt par cette raiſon que plus un objet eſt éloigné & plus l'image en eſt petite, parce que les angles des rayons venus de différentes parties de l'objet ſont plus petits.

C'eſt encore par cette raiſon qu'il faut un peu avancer le vélin huilé de

la lentille à meſure que l'objet s'eſt éloigné notablement, comme il faut l'éloigner quand l'objet s'en approche juſqu'à certain point, lors duquel on ne voit plus que confuſion. C'eſt ce que nous faiſons quand nous regardons un objet voiſin ou éloigné, nous n'approchons pas & ne reculons pas la rétine, mais nous ouvrons plus ou moins la prunelle, & nous avançons ou reculons l'uvée & le cryſtallin.

Mais quand l'objet eſt à une diſtance convenable, comme de deux cens pas, il ne faut plus toucher au vélin, il faut ſe contenter de l'image telle qu'elle ſe préſente, parce qu'alors les rayons de l'objet peuvent paſſer pour paralléles entre eux, & ſoit qu'on avance ou qu'on recule le vélin, il ne paſſera pas plus de rayons par l'ouverture B C qu'il en paſſoit auparavant.

On conçoit aiſément que non-ſeulement dans cet œil artificiel le verre B C tient la place des différentes humeurs de l'œil, & le vélin celle de la retine; mais encore que cette machine eſt une chambre obſcure portative & propre à deſſiner les objets extérieurs, dont voici la pratique.

Uſage.

AYant tourné cet œil vers un objet éclairé du Soleil & s'étant couvert la tête d'un manteau & en ayant enveloppé la machine, excepté la lentille, on paſſera un crayon ſur tous les traits peints ſur le vélin huilé pour avoir une perſpective très-exacte mais renverſée. On redreſſera ce deſſein ou perſpective, en ajoûtant au foyer de la lentille une autre lentille d'une moindre ſphére, laquelle renverra les rayons redreſſés à ſon foyer où le vélin huilé aura été placé. Ou bien, ſans ajoûter de ſeconde lentille, mettez un miroir plat en la place du vélin huilé, inclinez ce miroir de 45 dég. & faites une ouverture au-deſſus du tuyau laquelle vous couvrirez d'un papier huilé, alors les objets peints en ſens renverſés ſur ce miroir ſeront réfléchis & peints par ce miroir ſur le papier huilé en leur ſituation naturelle, parce que l'angle de réflexion étant égal à celui d'incidence, l'image renverſée de l'objet vient horiſontalement ſur le miroir; ce miroir étant incliné de 45 dégrés, il renvoye l'image droite ſous un plan horiſontal qui le couvre.

Principes d'Optique, de Perſpective, de Dioptrique & de Catoptrique.

C'Eſt ſur de pareilles expériences que les Phyſiciens ont établi les régles de l'Optique. Les uns, ne conſidérant que les effets produits par les rayons directs qu'un corps lumineux ou coloré envoye à l'œil, ont enſeigné à tracer les objets ſur un plan, de maniére qu'ils y produiſiſſent le même effet que ſi on les regardoit réellement; c'eſt ce qu'on appelle *Perſpective*. Les autres, appliqués aux changemens qui arrivent dans les rayons, quand ils ne viennent à l'œil qu'après avoir traverſé un corps diaphane ou tranſparent, en ont découvert les raiſons, & enſeigné à profiter de ces réfractions pour différens uſages; & cette partie de l'Optique eſt appellée *Dioptrique*. D'autres enfin ont fait leurs obſervations ſur ce que devenoient les rayons envoyés d'un objet ſur un corps dur & poli: & de leurs connoiſſances réſulte la *Catoptrique*.

Il a été aiſé de remarquer que les machines dont nous venons de donner les conſtructions & uſages, ſont fondées ſur trois principes tirés des trois parties de l'Optique. La Perſpective roule ſur ce principe: *Que tout ob,et*

plus ou moins approché, paroît plus ou moins grand, s'il eſt vû ſous un plus grand ou ſous un plus petit angle.

Dans la Dioptrique, on convient que *tout rayon (qui vient de l'objet à l'œil perpendiculairement à la ſurface d'un corps tranſparent quelconque qu'il traverſe, étant l'axe du cône que forment les rayons) celui-ci ne ſouffre aucune réfraction.* Mais *qu'un rayon (qui paſſe obliquement d'un milieu plus facile à pénétrer dans un plus difficile) s'approche de la perpendiculaire à la ſurface de ce milieu, au point où il eſt pénétré*; & au contraire, *il s'éloigne de la perpendiculaire, en paſſant d'un milieu plus difficile à pénétrer dans un plus aiſé.*

Enfin dans la Catoptrique, c'eſt un principe que *l'angle de réflexion eſt égal à celui d'incidence.*

Par la différente application du principe de la Perſpective, de même qu'on ſçait tracer ſur le tableau un objet tel qu'il paroît à la vûe, on ſçait auſſi le tracer de maniére qu'il ne paroît en ſes proportions, que quand ce tableau eſt regardé d'un point déterminé. En voici deux exemples qui ſuppléront par le moyen du compas & de la régle au défaut des Inſtrumens ci-deſſus.

Premier exemple de Perſpective.

Fig. 12.

SOit donné l'Exagône régulier 1, 2, 3, 4, 5, 6, tracé géométriquement en plan. Il s'agit d'en tracer la perſpective dans ce tableau ABDV. On diſpoſera cet Exagône vis-à-vis de la ligne A B comme on ſouhaitera qu'il ſoit vû, & on l'en éloignera ſelon la diſtance qu'on ſouhaitera qu'il le ſoit de l'œil, ſuivant l'échelle du plan. On tirera de tous ſes angles autant de lignes perpendiculaires à la ligne A B, qu'on appelle *ligne de terre*; & par les points 7, 8 & 9 où elles coupent cette ligne A B, on tirera au point principal (ou de *l'œil* ou de la *vûe*, pris à diſcrétion ſur le tableau) les lignes V 7, V 8, V 9. Enſuite on portera la longueur de la perpendiculaire 8, 1, ſur la ligne A B depuis 8 en E, & la perpendiculaire 7, 2, ſur la même ligne A B depuis 7 en F vers le point de l'œil, & ainſi des autres; du point V on tirera une ligne paralléle à A B, qu'on appelle horiſontale, ſur laquelle on portera de V en D de part & d'autre, ſi l'on veut, la diſtance ſuppoſée de l'œil au tableau priſe ſur l'échelle du plan. Enſuite on tirera du point de diſtance D oppoſé les rayons D E, D F &c. Puis joignant les interſections de ces lignes par une ligne droite, on aura ſur le tableau l'apparence de la ligne 1, 2 de l'Exagône donné, & de toutes les autres ſucceſſivement.

Si la perpendiculaire 1, 8, étoit trop longue pour être portée ſur la ligne A B, comme il arrive ici à la ligne perpendiculaire au point 5, qui ne peut être tranſportée de 9 ſur la ligne A B vers la partie oppoſée au point de diſtance D, le tableau étant trop petit; tirez par le point B pris à diſcrétion ſur la ligne de terre A B, & par le point principal V, le rayon V B; & ayant fait B M égal à la perpendiculaire 9, 5, tirez le rayon D M, qui donnera ſur le rayon V B le point Z, par où vous tirerez à la ligne de terre A B, la paralléle Z 5, qui donnera ſur le rayon V 9, le point 5 que vous cherchez.

Afin que tout ce qu'on veut mettre en perſpective paroiſſe dans une juſte proportion, on eſt quelquefois obligé d'éloigner beaucoup l'œil du tableau, ce qui pourroit empêcher de marquer le point D de diſtance ſur la li-

gne horiſontale D V, qui eſt ſuppoſée dans un même plan avec l'œil. En ce cas il faudra mettre ſeulement la moitié de la diſtance de l'œil au tableau ſur la ligne horiſontale de V en D ; & ne porter que la moitié des diſtances perpendiculaires 1, 8, 2, 7, ſur la ligne de terre A B, de 8 vers E, de 7 vers F, alors en tirant les rayons D E, D F, on aura ſur les rayons V 8, V 7, les points 1, 2, comme auparavant pour ces mêmes apparences de points géométriques 1, 2.

De la même maniére que nous venons de mettre un Exagône en perſpective on peut tracer toute ſorte de figure rectiligne ou curviligne, en multipliant ſur le plan géométral & ſur le tableau les points par leſquels on fera paſſer les lignes demandées. On pourra même tracer des carreaux perſpectifs répondans à des carreaux géométriques pour rapporter des figures géometriques en perſpective, plaçant dans chaque carreau perſpectif ce qui ſera dans le carreau géométrique qui lui répond.

Fig. 13. On remarquera que la ligne 5, 4, étant plus éloignée de l'œil, & par conſéquent vûe ſous un plus petit angle, eſt la plus petite de toutes.

Si vous voulez que cet Exagône ſoit ſolide & élevé de terre, il faudra élever ſur tous les angles perſpectifs, des perpendiculaires auſquelles vous donnerez la hauteur convenable en cette maniére : Du point B pris à volonté, ſur la ligne A B élevez la perpendiculaire B C de deux pieds, par exemple, ſur l'échelle de l'Exagône géométrique, & menez du point H, (éloigné de la perpendiculaire B C de deux pieds de l'échelle,) ſur la ligne horiſontale V D de la fig. 12. aux deux points B C de la préſente fig. 13, les droites H B, H C, entre leſquelles ſeront renfermées les hauteurs de deux pieds convenables aux points différens de l'Exagône, pourvû que de chaque point de la baſe de cet Exagône perſpectif vous tiriez des paralléles à la ligne A B ; & à leurs interſections avec H B vous éleverez des perpendiculaires à A B, qui ſeront de deux pieds chacune, où elles rencontreront la ligne H C.

XXXV. Planche Fig. A.

Second exemple curieux de Perſpective.

SOit donnée une tête deſſinée dans toutes ſes proportions à tracer ſur un tableau, en ſorte qu'elle ne paroiſſe belle & dans ſes juſtes proportions, que quand elle ſera regardée d'un certain point. Décrivez autour de cette figure donnée le quarré A B C D, & réduiſez-le en petits quarrés de réduction, comme s'il falloit réduire cette figure en petit. Maintenant décrivez ſur le tableau le quarré-long E B F G, & diviſez l'un des deux plus petits côtés, comme E G, en autant de parties égales qu'en contient D C: diviſez l'autre côté B F en deux également au point H, duquel vous tirerez par les points de diviſion du côté oppoſé E G autant de lignes droites, dont les deux derniéres ſeront E H, G H ; enſuite ayant pris à diſcrétion ſur le côté B F le point I au-deſſus du point H pour la hauteur de l'œil, au-deſſus du plan du tableau horiſontal, tirez de ce point I au point E la ligne droite E I, qui coupe ici celles qui partent du point H aux points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 : par ces points d'interſection vous tirerez des lignes droites paralléles entre elles & à la baſe C G du triangle E H G, qui ſe trouvera ainſi diviſé en autant de trapézes qu'il y aura de petits carreaux dans le quarré A B C D ; & rapportant ce qui eſt deſſiné dans chaque carreau de A B C D, aux trapézes qui leur répondent dans E B F G, vous aurez une

figure difforme, laquelle cependant paroîtra conforme à ſon prototype ; & dans ſes juſtes proportions, quand elle ſera regardée par un trou qui ſera plus petit du côté de l'œil & plus large du côté de la figure, comme K, & qui ſera élevé perpendiculairement ſur le point H ; enſorte que LK ſoit égal à la hauteur ſuppoſée de l'œil H I. On voit que la ſituation de l'œil ayant changé, il a fallu changer les carreaux en trapézes pour donner à chaque carreau le même angle ſous lequel il étoit vû naturellement dans le modéle.

Nous ne parlons pas des ombres, cette connoiſſance appartient aux Traités complets de Perſpective. Il ſuffit d'avertir que dans tous les plans & dans tous les tableaux, la lumiére eſt ſuppoſée venir d'en haut du côté droit, & par conſéquent de l'angle que fait le haut du tableau avec ſon côté droit par rapport à celui qui le regarde, & qu'ainſi les corps jettent leurs ombres de haut en bas, & de droite à gauche de celui qui regarde un tableau.

Des Corps propres à rompre les rayons de lumiére, & de la réfraction de ces rayons.

ON ſçait que tout corps *diaphane*, c'eſt-à-dire, tranſparent, eſt propre à rompre les rayons de la lumiére. Ainſi l'eau, la glace, le verre, &c. peuvent être employés dans la Dioptrique ; car l'œil n'eſt qu'un amas d'eau & d'humeurs qui par leur configuration raſſemblent les rayons ſur la rétine où ils touchent des filets du nerf optique, lequel excite la ſenſation de la vûe. C'eſt pour cela qu'un bâton dans l'eau ou dans la glace paroît rompu, &c. Mais on ſe ſert plus heureuſement du verre que de toute autre matiére à cauſe d'une infinité d'inconvéniens auſquels il n'eſt pas expoſé, & parce qu'il peut être travaillé de toutes les maniéres propres à produire tous les effets de la réfraction des rayons, ſoit qu'il faille les raſſembler ou les ſéparer plus ou moins loin. Car toute la Dioptrique ſe rapporte à ces deux points, au moins ſont-ils les plus intéreſſans dans la Phyſique & dans les Mathématiques. Veut-on faire voir un objet plus diſtinctement ? Il faut procurer à l'œil une plus grande abondance de rayons, ce qui s'opére en raſſemblant la plus grande qu'on puiſſe vers l'œil à une diſtance qui ne l'incommode pas, & propre à les faire réunir par les humeurs de l'œil chacun en leur point convenable. Veut-on groſſir l'objet, auquel cas il paroîtra rapproché ? Il faut augmenter l'angle ſous lequel il eſt vû ; ce qui ſe fait, en briſant les rayons qui viennent de l'objet à l'œil, de maniére qu'ils s'écartent moins les uns des autres quand ils ſortent du corps diaphane qu'ils traverſent, qu'ils ne s'écartoient avant le paſſage. Veut-on diminuer cet objet ? Il faut en briſer les rayons, de ſorte qu'ils s'écartent davantage après avoir traverſé un corps diaphane, ce qui fait paroître l'objet plus éloigné : c'eſt ce qu'on appelle *rendre les rayons divergens*, & c'eſt le propre du verre concave de les rendre tels ; car les verres convéxes diminuent toujours leur divergence & les raſſemblent ; c'eſt ce qu'on appelle *rendre les rayons convergens*. Quoique ces différens verres ſoient ſphériques ou hyperboliques, ils opérent toujours le même effet, mais on ne ſe ſert communément que des ſphériques.

Obſervations ou conſéquences de la Dioptrique, relativement aux verres ſphériques.

1°. LE verre B C plan d'un côté & convéxe de l'autre a ſon foyer F à la diſtance du diamétre de ſa convéxité. Les rayons de lumiére envoyés. Fig. 14.

d'un point d'objet, comme de l'objet éloigné DE visible & éclairé (qui sont par conséquent supposés parallèles, quand ils tombent sur la surface convéxe) se réunissent avec leur axe au foyer de ce verre. Nous disons: *les rayons d'un point d'objet*, parce que tous les rayons des différens points d'un objet ne se réunissent pas en un seul point pour faire un foyer général.

Fig. 15. Si l'objet DE est plus proche de la superficie convéxe du verre BC que de la longueur de son foyer F, les rayons rompus dans le verre ne se rassembleront point, mais sortiront encore divergens; à la vérité ils le seront moins.

Fig. 16. Si cet objet DE est au foyer F du verre BC, les rayons de chaque point de l'objet sortiront parallèles entre eux.

2°. Le verre BC convéxe de deux côtés & de deux égales convéxités a
Fig. 17. son foyer F à la distance de son demi-diamétre, & les rayons parallèles du point de l'objet DE se réunissent en ce point, si cet objet est éloigné de ce verre plus que de son foyer F; car s'il est au point juste de son foyer, les rayons sortiront du verre parallèles entre eux; mais s'il est moins éloigné que le foyer, ces rayons sortiront encore divergens, quoiqu'à la verité ils le seront moins.

3°. Le verre convéxe de deux convéxités inégales a son foyer distant à proportion de la différence des demi-diamétres des convexités.

Au reste nous avons enseigné Liv. IV. Chap. VI. pag. 141 à trouver ces foyers.

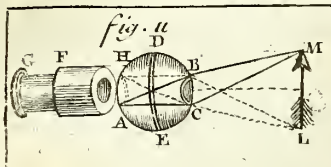
Fig. 18. 4°. Le verre convéxe plan ou doublement convéxe laisse voir l'objet en sa situation naturelle, mais plus confusément. A proportion que le verre est placé entre l'objet & l'œil, cet œil s'éloigne du verre vers son foyer, au-dessous duquel l'œil descend: il ne voit plus l'objet que renversé, toujours plus distinctement à proportion qu'il s'éloigne sous le foyer.

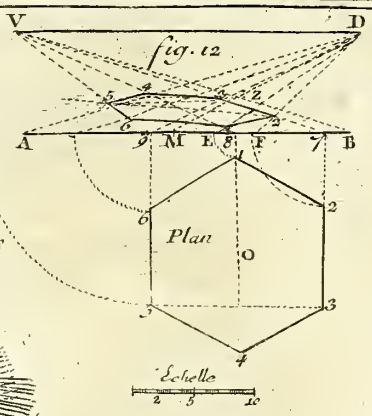
5°. Le verre convéxe grossit l'objet à proportion que l'œil s'en éloigne,
Fig. 19. mais pour voir cet objet distinctement, il faut que l'œil soit à la juste distance du foyer du verre. On découvrira moins de l'objet vû, à proportion qu'on s'éloignera du verre, comme nous le dirons ci-après.

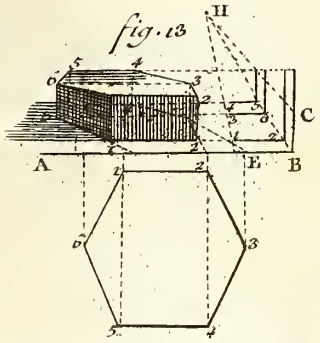
L'objet étant grossi parce qu'il est vû sous un plus grand angle à cause de la réfraction des rayons, il faut qu'il paroisse plus proche par le principe de la Perspective. Plus les pointes que forment les rayons de chaque point de l'objet sont éloignées du verre convéxe qu'ils pénetrent, & plus l'objet que peignent ces rayons a d'étendue sur la rétine. Cette étendue est plus grande à proportion de l'éloignement du foyer. L'objet est toujours supposé plus éloigné du verre que son foyer. C'est pourquoi les verres convéxes d'une plus grande sphére sont les plus estimables dans les lunettes de longue-vûe. Mais il faut qu'alors ces verres soient larges pour recevoir plus de rayons de l'objet, autrement on verroit un objet plus grossi, mais on n'en découvriroit que peu de parties, & l'on perdroit du côté de l'étendue de la vision autant qu'on gagneroit du côté de sa distance.

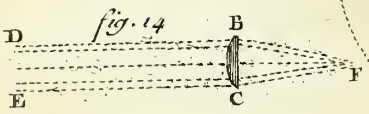
Ce verre, quand il est très-convéxe & petit, grossit extraordinairement l'objet placé près de son foyer antérieur, parce que l'œil alors en reçoit beaucoup de rayons assez divergens encore pour être réunis à propos sur la rétine, & y occuper une très-grande étendue; c'est l'effet que produisent les Microscopes, dans lesquels on apperçoit un objet qu'on ne voyoit pas à cause de sa trop grande proximité de l'œil, & l'on gagne du côté de l'étendue

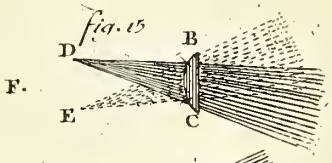
Planche Trentecinquième

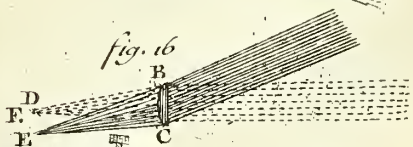


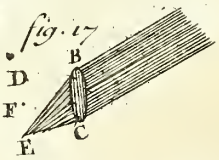


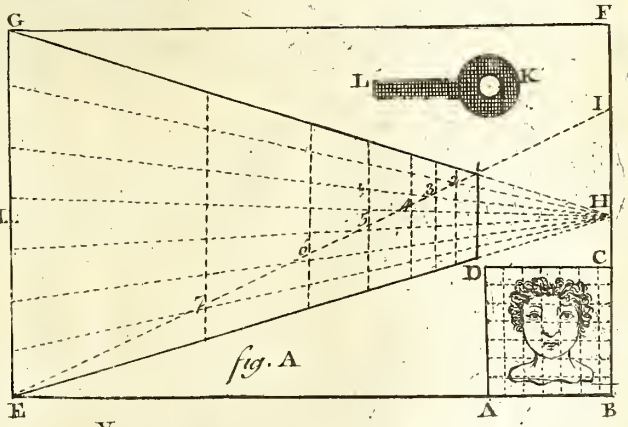


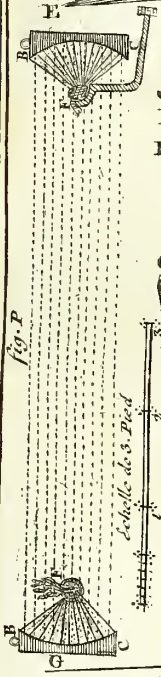


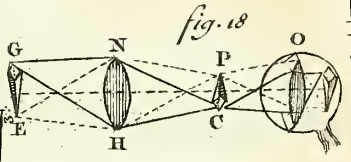


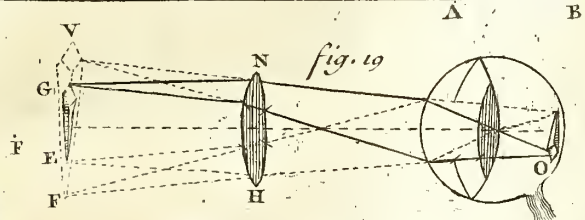


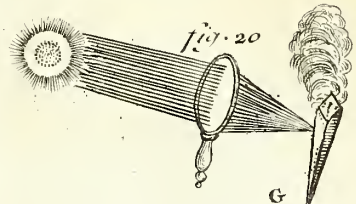


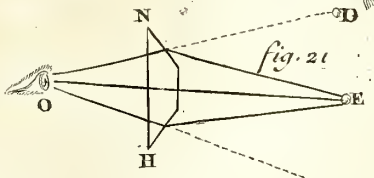


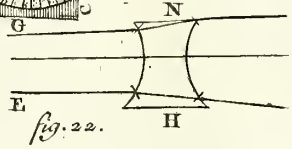


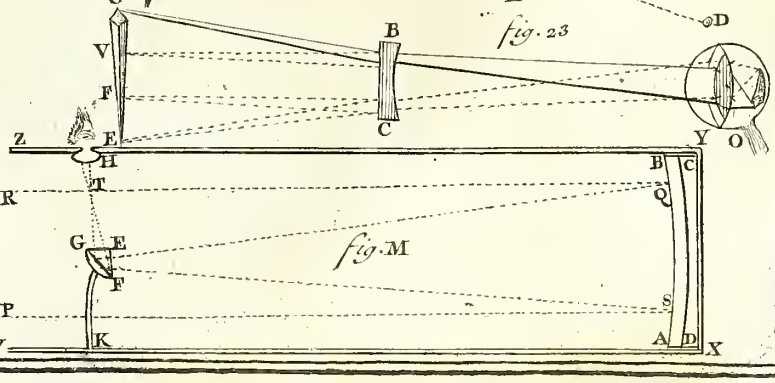












tendue & de la préciſion de la viſion, ce qu'on perd du côté de la diſtance de l'objet.

6°. Comme les verres convéxes réuniſſent les rayons de lumiére pour augmenter la viſion, ils raſſemblent auſſi les rayons du feu & du Soleil pour bruler. Fig. 20.

7°. Le verre convéxe polygône qu'on appelle à facettes, réunit à ſon foyer les parties d'un objet ſéparées à la vûe directe, & multiplie le même objet. Fig. 21.

8°. Le verre concave plan ou concave des deux côtés, qui reçoit des rayons obliques, les écarte toujours les uns des autres & par conſéquent n'a point de foyer. L'objet vû à travers ce verre paroît plus petit à proportion de ſa ſphére, & les rayons des parties de cet objet ſont vûs ſous un plus petit angle, & par conſéquent l'objet paroît plus éloigné, mais très-diſtinct; parce que les rayons étant écartés les uns des autres, ils peignent une image moins embarraſſée & plus nette ſur la rétine; c'eſt pourquoi on ſe ſert de ces verres pour les vûes courtes. Plus la ſphére de ces verres eſt petite & plus les rayons qui les pénétrent ſont écartés. Fig. 22. Fig. 23.

9°. Dans la Dioptrique les verres convéxes d'un côté & concaves de l'autre, n'ont pas de propriétés fort avantageuſes Si la convéxité eſt égale à la concavité, ou ſi les ſurfaces ſont paralléles, on ne remarque preſque pas plus de changemens dans les rayons qui les pénétrent, que quand des rayons pénétrent un verre plan des deux côtés. Soit que la ſphére de la convéxité ſoit plus grande ou plus petite que celle de la concavité, le foyer eſt toujours plus loin que le diamétre de la convéxité, & n'a d'effet que quand la convéxité eſt de plus grande ſphére que la concavité.

Conſtruction des Téleſcopes ou Lunettes de longue-vûe.

DE's la fin du treiziéme ſiécle on ſe ſervoit de verres travaillés pour ſoulager les différentes vûes des hommes & leur en conſerver l'uſage, malgré les infirmités d'un âge avancé ou la configuration déſavantageuſe mais naturelle de leurs yeux. Tant qu'on en eſt demeuré à ne regarder les objets qu'à travers un ſeul verre convéxe ou concave, on n'a pû parvenir qu'à faciliter la viſion aux vieillards, dont les yeux applatis ne leur étoient plus de grande utilité, parce qu'alors les humeurs ſe deſſéchant, elles éloignent leur foyer par-delà la rétine. On ſuppléa à ce défaut par les verres convéxes, qui briſant les rayons les rendent moins divergens & plus propres à être réunis ſur la rétine & à y former leur image nette; par une raiſon contraire, voyant que les jeunes gens ont les yeux trop voutés ou convéxes, & que leur foyer eſt placé devant la rétine, on corrigea ce défaut par le verre concave qui rend encore plus divergens les rayons des objets éclairés & les diſpoſent à n'être réunis que ſur la rétine de leurs yeux, en reculant le foyer des humeurs. Ce ne fut que vers l'an 1609 (dit M. de la Hire dans un Mémoire de l'Académie) qu'un Ouvrier de Hollande ayant par hazard eſſayé de regarder un objet à travers d'un verre convéxe & d'un autre concave, éloignés l'un de l'autre, & peut-être dans un tuyau, il s'apperçut que cet objet groſſiſſoit conſidérablement ſans ſe confondre ni changer de ſituation. Dès-là on commença à combiner beaucoup de verres concaves de toute façon avec des verres convéxes auſſi de toute façon, pour en compoſer des Lunettes de longue-vûe, di-

tes alors de *Galilée* ou de *Hollange*, qui ont un verre convéxe vers l'objet & un concave aû-deſſus du foyer du convéxe & l'œil. Kepler bon Mathématicien, travailla en 1611 ſur les effets que l'Ouvrier de Hollande avoit remarqué & donna ſon *Traité de Dioptrique*, où il enſeigne à faire des Lunettes de longue vûe compoſées de deux verres convéxes, diſpoſés d'une certaine façon dans un tuyau, l'un d'un côté de l'objet & d'une grande ſphére, l'autre d'une plus petite, éloigné par-delà le foyer du premier, de ſorte que le foyer poſtérieur de l'objectif s'uniſſe au foyer antérieur de l'oculaire. C'eſt ainſi qu'on appelle le verre plus voiſin de l'œil, mais ces Lunettes renverſent l'objet. Le P. Reita Capucin vint après, qui ajoûtant deux autres verres convéxes entre ceux de Kepler, compoſa des Lunettes de longue-vûe qui font voir les objets redreſſés. Les Aſtronômes chercherent auſſi-tôt à ſe ſervir de ces différentes Lunettes pour leurs Obſervations, & ils ne trouvérent que celles à deux verres de Kepler dont ils puſſent tirer beaucoup d'avantage. En 1659. M. Huygens ajoûta un Micrométre au foyer poſtérieur de l'objectif, & à l'antérieur de l'oculaire pour obſerver l'anneau de Saturne. C'eſt à ce tems qu'on pourroit fixer l'époque du Micrométre, que MM. Auzout & Picard perfectionnérent vers l'an 1666. en y ajoûtant un curſeur & une vis pour meſurer les diſtances & les diamétres des Planettes, les excentricités du Soleil & de la Lune & leurs Eclipſes. M. de la Hire a encore travaillé depuis très-heureuſemen ſur cette invention du Micrométre. On ne ſçait pas en quel tems on commença à ſe ſervir de ces Lunettes au lieu de pinules ſur les Quarts-de-cercle, en plaçant au lieu du Micrométre deux ſoies très-déliées qui ſe croiſent à angles droits, comme nous l'avons ci-devant enſeigné (Liv. IV. chap. VI. & Liv. VI. pages 140 & 191.)

XXXVI *Planche.* fig. 24. Il eſt aiſé de faire une Lunette d'approche de la premiére ſorte qu'on appelle de *Hollange*. Faites le tuyau EB de carton ou d'autre matiére; emboëtez dans ce tuyau un autre tuyau DE, dans lequel faites entrer celui CD, comme celui AC eſt entré en CD, de ſorte qu'entrant tous les uns dans les autres, ils puiſſent être facilement tranſportés; placez à l'extrémité B un verre lenticulaire convéxe des deux côtés ou convéxe plan. On l'appelle *objectif*, parce qu'il faut qu'il ſoit du côté de l'objet. Au-deſſus de ſon foyer & à l'extrémité A, ſoit un verre concave qu'on appelle *oculaire*, parce qu'il faut le mettre auprès de l'œil. Il vaut mieux que l'objectif ſoit d'une plus grande ſphére & convéxe d'un ſeul côté, parce qu'alors ſon foyer étant plus éloigné il groſſira davantage.

Une telle Lunette, qui ſera fort claire & commode, ſera d'un pied huit pouces de longueur, en ſe ſervant d'un objectif convéxe d'un côté de deux pieds de foyer, ou convéxe de deux côtés de quatre pieds & d'un oculaire concave des deux côtés de quatre pouces & demi. Pour les Aſtres la lunette ſera de 10 pieds de longueur, l'objectif d'environ 12 pieds de ſphére, & l'oculaire de 5 pouces & demi. Les combinaiſons ſe font plus préciſément par l'expérience ſur les fondemens ci-deſſus, en appliquant ſucceſſivement des oculaires de différentes ſphéres à un objectif déterminé. On retient ces verres en leurs points par des anneaux de laiton.

Usage.

PLacez l'œil en A, pour regarder par le tuyau A B les objets éloignés ; pouſſez un peu ou reculez ce tuyau A, juſqu'à ce que vous voyez les objets diſtincts ; ils paroîtront beaucoup approchés, plus gros & plus diſtincts, & dans leur ſituation naturelle, parce que les rayons envoyés du point E de l'objet (figure 25.) rencontrant le verre convéxe objectif N H, ſe briſent, & après en être ſortis s'approchent l'un de l'autre ſuivant les obſervations ci-deſſus premiére & ſeconde ; mais avant qu'ils ſe ſoient raſſemblés en un point, ils rencontrent le verre concave P C dans leur chemin, ils s'écartent, & vont rencontrer les humeurs de l'œil, pour peindre leur image renverſée ſur la rétine & exciter la ſenſation convenable à cet objet vû dans ſa ſituation naturelle ; car tout objet vû directement par l'œi ſe peint ſur la rétine en ſituation renverſée. Plus cette lunette ſera longue, & plus on verra loin, mais peu d'étendue, ſuivant la 5me obſervation, à moins que l'objectif ne ſoit bien large. Fig. 25.

Sans changer l'objectif on allongera cette lunette ; & en ſubſtituant un oculaire concave d'une plus petite ſphére ; alors on découvrira de plus loin mais moins d'étendue, ſuivant les obſervations 5 & 8. Au contraire plus cette lunette eſt courte, les verres étant bien proportionnés, plus on découvre d'étendue à une petite diſtance. On évitera les couleurs feintes des objets en plaçant, en différentes diſtances de l'objectif, des *diaphragmes*, (c'eſt-à-dire, des eſpéces d'anneaux de bois ou de carton qui ſont percés au centre,) à l'oculaire, & ſurtout au bout de chaque tuyau. Il faut que ces diaphragmes ſoient noircis & que leur ouverture aille en diminuant du premier juſqu'au dernier, lequel ſe place à environ un pouce au-deſſus de l'oculaire & à environ deux ou trois lignes d'ouverture.

Il eſt inutile d'avertir qu'on ferme chaque ouverture de la lunette d'un couvercle ou bouchon pour garantir les verres des accidens, quand on ne s'en ſert point.

Les Lunettes de Kepler ſont compoſées d'un tuyau comme celui ci-deſſus & de deux verres convéxes ; mais l'oculaire ſera au-deſſous du foyer de l'objectif, vers le point où le foyer poſtérieur de l'objectif joint le foyer antérieur de l'oculaire. L'objectif ſera de plus grande ſphére que l'oculaire.

Autre eſpéce de Lunettes pour obſerver les Aſtres.

ON fait une lunette commode d'environ deux pieds & demi de longueur avec un objectif convéxe dont le foyer eſt à deux pieds trois pouces, & avec un oculaire d'un pouce & demi. Pour les Aſtres, les lunettes ſont plus longues, comme depuis 9 pieds juſqu'à 25 & même 50, & leurs longueurs ſont ordinairement déterminées par la ſphére des oculaires. Ainſi un oculaire d'un pouce de foyer convient à un objectif depuis 9 pouces juſqu'à 12 pouces de foyer : Voici une Table de proportions des verres oculaires aux objectifs à peu près ſemblable à celle que Mr Poliniere a donnée dans ſes *Experiences Phyſiques*, d'après le R. P. Cherubin. Nous n'avons continué cette Table que juſqu'à 25 pieds inclusivement, comme il ſe voit ci-après.

TABLE.

L'oculaire de			
1 pouce . .	4 lig. de foyer a un objec. de	12 pouces jusqu'à	16 pouc. de foy.
1 & demi		18 . . jusqu'à	24
1 . .	10 lignes	2 pieds jusqu'à	2 pieds & demi
2		2 & demi . .	3
2 . .	3	3	3 & demi
2 & demi		4	4 & demi
3		4 & demi	5
3 & demi		5	7
4		8	12
4 . .	3	12	24
4 & demi		25	50

Pour rendre l'objet vû par ces lunettes plus clair & éviter les iris, on met sur l'objectif un carton percé au milieu d'une grandeur trouvée convenable par l'expérience. Il aura son diamétre égal à l'objectif, pour être retenu avec le même cercle qui retient l'objectif; & dans la longueur du tuyau AB en C, en D & en E, on placera plusieurs cartons percés de même par proportion & par expérience. C'est ce que nous venons de dire en parlant des diaphragmes, qu'on noircit, de même que tout l'intérieur du tuyau, en frottant le tout d'un noir huilé & y appliquant dessus de la poudre bien fine de charbon broyé en la secouant & laissant sécher le tout; ou bien encore, on pourra noircir le tout par le moyen de la fumée d'une bougie ou d'un flambeau de poix résine.

Sous le verre oculaire on place une pinule A C, qui n'est autre chose qu'un tuyau d'un pouce de long percé en entonnoir, dont la grande ouverture est vers l'œil, & la petite d'une ligne ou deux, touche l'oculaire; la longueur de cette pinule est relative aux différentes vûes.

Usage.

Fig. 25. PLacez l'œil en O de la figure 25, & l'objet paroîtra très-grand, très-distinct, mais renversé de haut en bas & de droit à gauche, parce que les rayons partant du point E de l'objet éloigné E G, vont rencontrer le verre objectif N H, & se rassemblent au foyer P; ceux qui vont du point G vers N H, se rassemblent en C; de même tous les rayons qui viennent des
Fig. 26. points de l'objet entre E & G, se rassemblent entre P & C pour s'y peindre en leur ordre, suivant l'observation 1re. Celui qui vient du point M de l'objet passe droit sans souffrir de réfraction. Ces rayons ainsi rassemblés trouvent là le foyer antérieur de la seconde surface du verre oculaire R F, ils se croisent & vont rencontrer l'oculaire convéxe R F, & les rayons qui viennent du point P, passans par ce verre R F, en sortent paralléles, par la 3me remarque de l'observation 1re. Ceux qui viennent du point C sortent aussi du verre R F paralléles entre eux, & ainsi des autres; & tous passant par les humeurs de l'œil se rassemblent, comme s'ils venoient de P C; alors l'objet E G, (qui sera peint sur la rétine en sens naturel) paroîtra renversé; parce qu'il doit y être peint en sens renversé pour exciter la sensation qui répond à E G vû sans verre directement & droit. Ces lunettes découvrent plus d'étendue que celles de Hollande, parce que le foyer en est

moins éloigné de l'objectif, toutes choſes égales d'ailleurs. L'angle ſous lequel ſe fait la viſion étant plus grand, l'objet en paroît plus grand.

Les Aſtronômes ayant beſoin de fixer des points dans l'objet qu'ils regardent, ne peuvent le faire avec la lunette de Hollande, dont le foyer eſt ſur la rétine : au lieu qu'ici l'objet étant peint en P C, ſi l'on y croiſe une ſoie déliée, on fixe ce point ſur l'objet. On ſe ſert de cette lunette comme des pinules de Quarts-de-cercle, on y place auſſi le Micrométre, &c. Si on avançoit le verre R F davantage vers P C, alors les rayons ne ſortiroient pas encore paralléles entre eux, mais divergens, moins à la vérité qu'ils ne partent de P C.

Cette divergence des rayons conviendra à un œil extraordinairement vouté, ou bien aux perſonnes de vûe courte. Quand on ſe ſert de ces lunettes pour obſerver le Soleil, les verres doivent être colorés pour garantir la vûe.

Des Lunettes à quatre verres convéxes.

POur faire une lunette de quatre verres convéxes (car nous ne parlons pas de celles à trois verres qui ne ſont point eſtimées) rangez ainſi les verres. Soit l'objet éloigné E M G, le premier objectif N H, au bout d'un tuyau ; le 2me verre R F tellement éloigné de N H, que le foyer poſtérieur de N H convienne avec le foyer antérieur de R F, qui eſt à peu près de la ſphére d'un convexe oculaire convenable à l'objectif N H ; ſi la lunette étoit à deux verres convexes ſeulement ; le 3.me verre L Z, à peu près de même ſphére que R F, ſera placé de façon, que ſon foyer antérieur joigne le foyer poſtérieur de R F ; enfin le 4me verre T Q, encore de même ſphére à peu près que R F, eſt éloigné de L Z, comme L Z l'eſt de R F, c'eſt-à-dire que le foyer antérieur de T Q joint le poſtérieur de L Z. Les rayons de l'objet E M G briſés comme ci-deſſus ſont en N H & réunis en P C ; d'où ils partent divergens vers R F, mais (par la raiſon ci-deſſus & par la 3me remarque de la 1re obſervation) ils en ſortent paralléles entre eux & pénétrent ainſi L Z, lequel recevant les rayons non divergens, mais paralléles, les réunit en S V, par l'obſervation premiére, où ils viennent ſous un angle bien plus grand qu'ils ne ſont venus de N en P, & de H en C. Par conſéquent la 2me image S V de l'objet E M G eſt plus grande que la premiére P C ; enfin les rayons partant de S V vers T Q, ils en ſortent paralléles, par la 3me remarque de la 1re obſervation, puiſque S V eſt au foyer antérieur de T Q ; ces rayons entrent paralléles dans l'œil O éloigné de T Q de la diſtance de ſon foyer à quelque choſe près & ſelon les vûes ; & étant briſés par les humeurs ils vont peindre l'objet E M H renverſé ſur la rétine en une très-grande étendue & ſous un fort grand angle, ce qui fait voir l'objet droit, plus grand & diſtinct. Il paroît droit parce qu'il eſt peint renverſé ſur la rétine ; il y eſt peint renverſé, parce qu'il eſt droit en S V ; & il eſt droit en S V, parce qu'il eſt renverſé en P C ; il eſt renverſé en P C, parce que les rayons de E G droit ſe croiſent ſur la ſurface antérieure N H, le ſeul rayon M du milieu de l'objet ne ſouffrant aucune réflexion parce qu'il tombe toujours perpendiculairement ſur tous les verres. Maintenant placez les verres ainſi rangés, les uns par rapport aux autres dans le tuyau A B de la figure 24, plaçant l'objectif N H en B, & les autres à proportion, obſervant de laiſſer vers A une pinule ou tuyau en entonnoir, Fig. 27

comme nous avons dit en parlant de la lunette à deux verres convéxes.

Ce tuyau en entonnoir ſera diſpoſé de façon à pouvoir s'allonger ou s'accourcir, ſelon les vûes, dont les unes veulent être plus près de l'oculaire. On doit concevoir en un mot, que trois verres convéxes oculaires & à peu près du même foyer, avec un objectif forment la lunette à 4 verres.

Uſage.

Fig. 24. L'Œil étant placé en A, ſi le tuyau eſt garni de quatre verres convéxes, on verra très-diſtinctement des objets éloignés d'une lieue ſur terre, quand les trois oculaires auront chacun leur foyer à un pouce & demi de diſtance. L'objectif qui auroit un peu plus de 12 pouces, formeroit une lunette longue de 20 à 21 pouces, ſi l'objectif a 18 pouces, avec les mêmes oculaires, la lunette aura environ 30 pouces de longueur, & l'on découvrira des objets plus éloignés. Si les lunettes à deux verres ont l'incommodité de renverſer l'objet, elles ſont plus nettes que celles à quatre verres, qui ſouffrent de la multiplicité des verres laquelle apporte toujours quelque confuſion dans les objets. Il ne faut pas manquer de mettre des diaphragmes au bout de chaque tuyau, & de les noircir, de même que le tuyau d'un noir terne & non clair ni poli.

Ce ſeroit ici le lieu de faire uſage d'une Table que M. Harſocher a donné pour déterminer les ouvertures des objectifs par rapport aux oculaires, afin d'éviter les iris; mais on peut y ſuppléer en partie & ſuffiſamment par le moyen des diaphragmes.

Conſtruction du Microſcope.

AYant déja parlé fort au long (Liv. III. Chap. II. pages 93 & ſuivantes) des différens Microſcopes, & de leurs effets, il ne nous reſte plus qu'à faire à cet inſtrument les applications convenables des régles de la Dioptrique, & d'examiner quels verres ſont plus propres à groſſir les objets fort peu éloignés de l'œil. Les Téleſcopes nous font voir des objets qui ne paroiſſent pas à la vûe ordinaire à cauſe de leur éloignement, & les Microſcopes dont on prétend que l'invention eſt de l'an 1620, nous font remarquer les parties des corps que leur petiteſſe dérobe à la vûe ordinaire; leſquelles parties ſeroient cependant apperçues d'un œil fort vouté. Ainſi comme les perſonnes dont les yeux ſont plats, voient de loin ſans le ſecours des lunettes, auſſi ceux dont les yeux ſont fort convéxes, voient des objets très-petits & très-peu éloignés de l'œil.

Pour faire un Microſcope ſimple, (tel qu'un de ceux des figures L, I, K, de la planche 10me) prenez un très-petit morceau de glace, que vous aurez détaché d'un gros avec les dents d'une clef; mouillez le bout d'une aiguille longue avec de la ſalive, & le petit morceau de glace s'y colera; enſuite mettez-le dans la flamme bleue d'une bougie un peu inclinée, alors il ſe fondera & tombera en petite boule ſur un morceau de papier qu'on aura mis deſſous pour le recevoir. Si la boule de glace eſt fort ronde & petite, on la placera ſur un morceau de plomb troué, pour la recevoir, ou de la maniére que nous avons dit en divers endroits du (Liv. III. Chap. II.) Cette petite boule de glace fera voir les objets très-groſſis, parce que ſa figure étant fort convexe & fort proche des objets & des yeux, les rayons s'y briſent davantage, & ſont reçus plus abondamment & divergens dans la prunelle de l'œil à cauſe de la petiteſſe de ces verres.

Les autres Microſcopes (tel que celui de la figure M planche 10me) ſont compoſés de trois verres, comme nous avons dit. Nous remarquerons ſeulement que l'objectif N H de ces Microſcopes doit être très-petit & très-convéxe. Si l'objet E G eſt placé à ſon foyer, les rayons ſortiront paralléles de N H; & allant rencontrer le ſecond verre R F, ils ſe raſſembleront en V S, où ils peindront l'objet renverſé & très-groſſi; s'étant croiſés ils tomberont ſur le troiſiéme verre T Q, d'où ſortans paralléles, ils iront ſe briſer dans les humeurs de l'œil & peindre l'objet très-gros & droit ſur la rétine; alors on le concevra renverſé. XXXV Planche Fig. 28. bis.

Que ſi l'objet étoit placé plus loin que le foyer du verre N H, les rayons ſeroient raſſemblés en S V, où eſt le foyer antérieur de R F, pour peindre l'objet gros; enſuite ſe croiſant & tombant ſur T Q, ils ſe briſeroient & ſortiroient paralléles ſuivant l'obſervation premiére: En cet état rencontrant T Q, ils en ſortiroient pour ſe réunir à ſon foyer, qui ſeroit tellement éloigné, que ces rayons entreroient dans l'œil encore preſque paralléles; & après les réfractions dans les humeurs, ils s'uniroient & peindroient l'objet droit ſur la rétine, pour être conçu renverſé.

L'objectif N H eſt ordinairement de quatre lignes & demie de foyer, & même un peu plus. On réduit ſa ſurface à une ligne, parce qu'on la couvre d'un carton noirci, qui eſt percé d'un petit trou. Le verre R F du milieu eſt de 3 pouces de foyer, & le diamétre de ſa ſurface de 13 lignes, pour recevoir plus de rayons diſtincts. Le dernier verre a un foyer d'un pouce & demi: ſon diamétre eſt de 12 lignes. Les deux oculaires ſont ordinairement fixés à 4 pouces l'un de l'autre. Du deuxiéme oculaire à l'objectif il y a encore ordinairement 4 pouces; ce qui donne entre 8 & 9 pouces de longueur à un tel Microſcope. Cettte longueur n'eſt pas invariable: la différence des vûes & la diſpoſition des verres y cauſent quelques changemens.

On remarquera que dans les Téleſcopes, c'eſt l'objectif qui doit être grand & les oculaires petits: Au contraire l'objectif eſt ici d'une très-petite ſphére, & les oculaires ſont d'une ſphére un peu plus grande, mais d'un très-grand diamétre. Ces petites ſphéres groſſiſſent extraordinairement un objet, parce qu'elles rompent beaucoup les rayons, & font voir les objets ſous de plus grands angles, qui occupent par conſéquent une très-grande étendue ſur la rétine. Nous nous ſommes aſſez étendus ſur les uſages des Microſcopes (Liv. III. Chap. II) pour nous diſpenſer d'en parler davantage. On voit le chemin des rayons dans la petite fig. 28. d'un Microſcope à 3 verres, ainſi nous n'avons rien à ajoûter pour ſon explication.

De la propriété des verres convexes.

ON lit dans la premiére Scène du ſecond Acte des Nuées d'Ariſtophanes, que le vieillard Strépſiade dit à Socrate, qu'il a trouvé chez les Droguiſtes une pierre très-avantageuſe pour payer ſes dettes ſans donner d'argent. » Quand on me préſentera mon obligation, dit ce vieillard, j'ex- » poſerai cette pierre au Soleil ſur mon billet, & je fondrai la cire » parce qu'alors on écrivoit ſur une couche de cire ce qu'on vouloit, après en avoir enduit une écorce d'arbre. Fig. 29.

On juge que cette pierre ne pouvoit être autre choſe qu'un verre con-

véxe, dont le propre eſt de produire du feu aux rayons du Soleil. Il ſeroit étonnant que cette propriété du verre convéxe ayant été connue depuis ſi longtems, ce ne ſoit qu'à la fin du treiziéme ſiécle que l'on ait commencé à découvrir le ſecours qu'il pouvoit donner à la vûe. Telle que ſoit la cauſe de cette ignorance pendant tant de ſiécles, quand on fait l'application du principe général de la Dioptrique, on conçoit aiſément la raiſon phyſique pour laquelle les rayons du Soleil viennent paralléles ſur un verre convéxe ſe réunir après leur paſſage à un foyer : Or comme ces rayons ſont toujours dans un mouvement continuel & très-violent par la preſſion du Soleil, il eſt tout naturel que par leur multitude, ils excitent auſſi un mouvement très-vif ſur les corps qu'ils touchent en un très-petit eſpace, & qu'ils les brûlent, comme il arrive effectivement toutes les fois qu'on préſente au Soleil un verre convéxe, qui (comme le porte la ſixiéme obſervation) réunit les rayons du feu, ainſi que ceux du Soleil ou de la lumiére.

Il ne faut que jetter la vûe ſur la figure 29 pour concevoir la conſtruction & l'effet de ce verre.

C eſt le Soleil, dont les rayons viennent paralléles ſur la lentille AB, laquelle briſe ces rayons & les réunit à ſon foyer D, où l'on place un tiſon qui s'allume d'autant plus promptement que le Soleil eſt plus vif, & que la lentille reçoit & réunit davantage de rayons à cauſe de l'étendue de ſa ſurface & de ſa convéxité.

Si le verre ardent AB étoit fort grand & avoit par conſéquent ſon foyer très-éloigné, ſon effet pourroit ſouffrir de cet éloignement ; mais on remédie facilement à ce défaut, & l'on augmenteroit extraordinairement l'effet de ce verre AB, en lui ajoûtant un autre verre convéxe de plus petite ſphére en EF, lequel raſſembleroit les rayons déja briſés à un foyer bien plus proche, & produiroit des effets bien plus extraordinaires, comme de fondre les métaux, & calciner les pierres. On ajoûte même ce ſecond verre convéxe quand les rayons du Soleil couverts de nuées ſont foibles, afin d'en augmenter la vivacité.

Ces verres ardens ſont ordinairement enchaſſés dans une piéce de bois à poignée, laquelle ſert à donner au verre ardent une ſituation perpendiculaire au Soleil ; & ainſi le foyer eſt toujours en bas, au lieu que les Miroirs ardens par réflexion auroient leur foyer en haut : ce qui forme un obſtacle invincible à beaucoup d'expériences, qui ont été pratiquées avec le verre ardent de Monſeigneur le Duc d'Orléans.

Ce verre, qui peut paſſer pour le plus parfait qu'on ait encore vû, eſt de la façon de feu Mr Tſchirhauſen Allemand, qui étoit Aſſocié de l'Académie Royale des Sciences de Paris : il produit des effets très-ſurprenans qui ſont rapportés preſque tous dans les Mémoires de ladite Académie, avec une deſcription exacte. Nous nous bornerons ici à dire, qu'il eſt convéxe des deux côtés ; que c'eſt une portion de deux ſphéres, dont chacune auroit 12 pieds de rayon, qu'il a 3 pieds de diamétre & qu'il peſe 160 livres. La ſeule idée que l'on puiſſe donner, pour juger de l'activité de ſon foyer, c'eſt que l'or y fume & ſe diſperſe en pluſieurs petites goutes imperceptibles qui s'écartent de tous côtés, ainſi que M. l'Abbé Nollet le rapporte dans le 4e Tome de ſes Livres de Phyſique. La difficulté de trouver un verre aſſez épais & de l'attacher aſſez ferme pour être travaillé, avoit empêché de tenter ce travail ſur le verre, c'eſt pourquoi on avoit été obligé

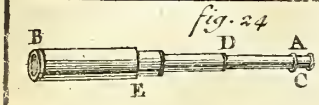


fig. 24

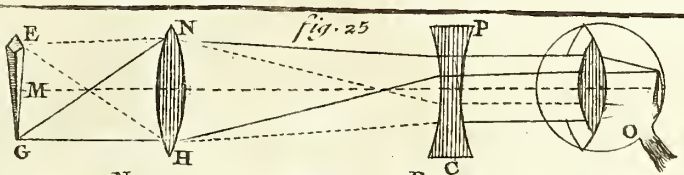


fig. 25

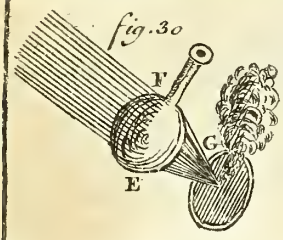


fig. 30

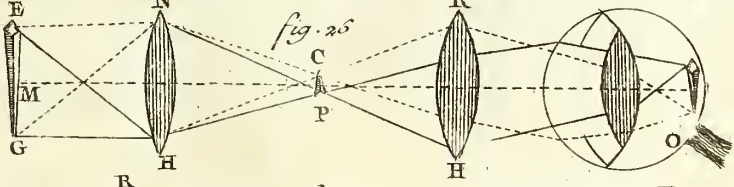


fig. 26

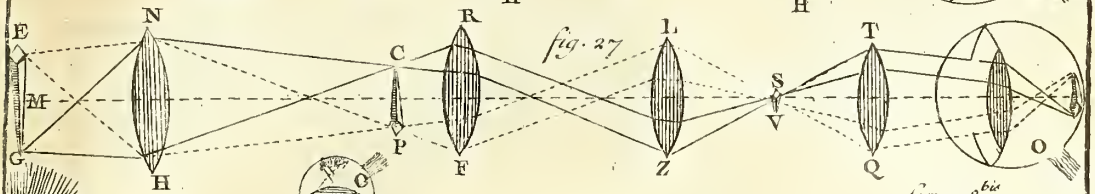
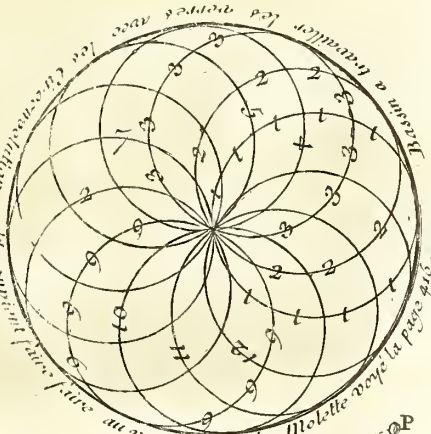


fig. 27

fig. 28



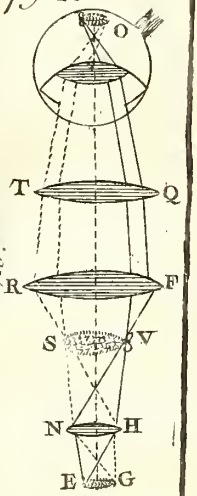


fig. 28bis

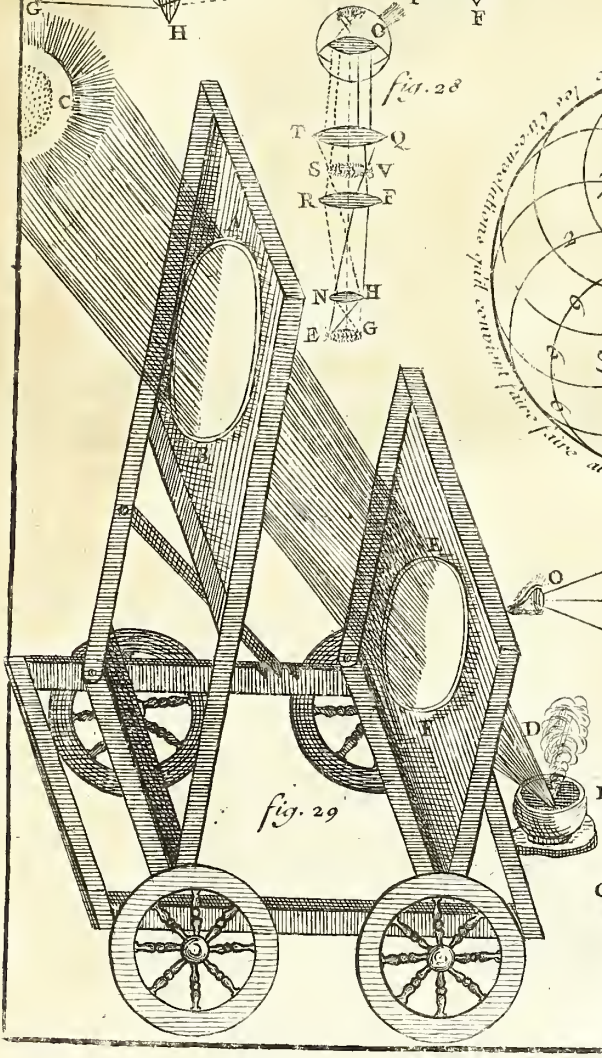


fig. 29

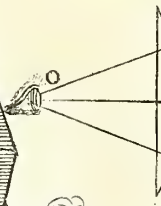


fig. 31

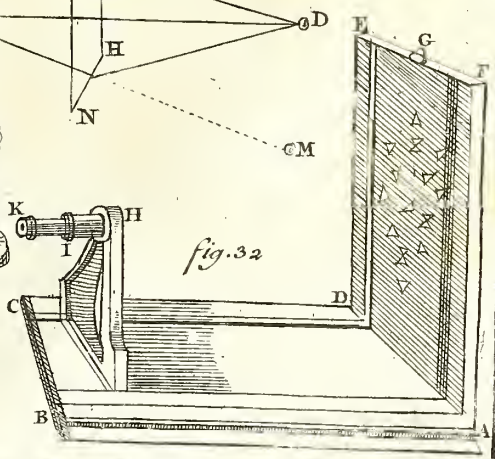


fig. 32

obligé jusqu'alors de s'en tenir aux Miroirs ardens concaves. Il est monté sur un chassis de charpente, qui a un mouvement de charniére entre les brancars d'un petit chariot, qui le conduit où l'on veut. On place au besoin sur le même chariot & de la même façon un second verre convéxe, pour raccourcir le foyer du premier & augmenter sa vivacité. Ce verre est actuellement dans le Cabinet de M. d'Ons-en-Bray à Bercy.

On entend aisément que tout corps diaphane peut produire du feu aux rayons du Soleil, plus ou moins promtement à proportion des qualités particuliéres de ces corps. Si donc la phiole de verre F E ronde, très-mince & d'une grandeur médiocre, est remplie d'eau & exposée au Soleil, elle brûlera à son foyer en G. Quand nous parlerons de la réflexion des rayons, nous dirons pourquoi les rayons brisés ou réfléchis du feu ordinaire ne brûlent pas si vivement que ceux du feu du Soleil. Fig. 30.

Des verres à facettes.

Le *verre* convéxe polygône ou *à facettes* est un verre plan d'un côté & de l'autre taillé à plusieurs faces, comme celui B E H N; les rayons qui viennent de l'objet D sur la face E H ne se brisent point, mais viennent naturellement à l'œil O, qui par cette face voit l'objet en sa véritable place; mais les rayons de cet objet D, qui viennent obliquement sur les faces B E & H N se brisent en approchant de la perpendiculaire, pour se réunir en un point; mais ils rencontrent l'œil & vont y peindre la même image autant de fois qu'il y a de faces, comme si l'objet étoit placé en P, en D & en M, parce que nous croyons que les rayons nous viennent en ligne droite, ce qui n'est pourtant pas vrai. Fig. 31.

C'est sur l'effet de ces lunettes à facettes qu'on fait des *Tableaux magiques* ou *trompeurs*, tout-à-fait difformes quand on les regarde sans de semblables verres. Pour les exécuter on éléve à plomb sur la table A B C D la planche A D E F, qui peut être haussée & baissée verticalement, & le pied B C H, qui peut avancer ou reculer entre les rainures A B C D : on place au haut du pied en H, le tuyau I K auquel on fait un trou vers le foyer du verre à facettes placé en H. Ensuite ayant collé sur D E F A un papier & arrêté le pied avec le verre H au point convenable, plus ou moins éloigné du papier, selon qu'on veut éloigner plus ou moins les unes des autres les parties de l'objet qu'on veut dessiner sur le papier : Au petit trou K, on place une lampe, dont la lumiére doit être très-tranquille. Cette lampe enverra de la lumiére sur le papier blanc appliqué en E F D A; on marque ensuite avec du crayon le contour de ces faces lumineuses, dans lesquelles on peint les parties différentes d'un objet qui doivent se réunir toutes, quand on les regarde par le verre à facettes, placé dans le tuyau K I : Ainsi quand on regardera par le trou K, on ne remarquera qu'une seule figure bien proportionnée, laquelle sans verre ne représentoit aucun objet déterminé; sur tout, si le Peintre a soin de remplir les espaces non-lumineux de différens sujets, qui ne paroîtront plus par le verre à facettes. Fig. 32.

De la qualité des verres & des instrumens nécessaires pour les travailler.

Le choix de la matiére d'un verre qu'on veut travailler est très-nécessaire, autrement on risqueroit de perdre beaucoup de tems & de peine. S'il doit être grand & épais, on fait fondre au fourneau une assez grande quan-

tité de matiére pour être jettée & pour remplir le moule creux d'un cylindre. Il faut que ce cylindre de verre ait les dimenſions un tant ſoit peu plus fortes que celles qu'on veut donner au verre lorſqu'il ſera fini. Quand la matiére eſt refroidie, on la découvre & la polit ſur ſes deux côtés plans; ou bien, ſi le verre ne doit pas excéder les meſures des verres ordinaires, on choiſit des fragmens de glace de Veniſe ou d'autre eſpéce de verre, & toujours le plus petit que faire ſe pourra. La façon d'examiner la matiére de verre qui doit être travaillée, eſt de l'expoſer au Soleil, dont elle reçoit les rayons ſur un papier blanc qui fait voir s'il y a des filets, bouillons ou autres inégalités; enſuite on regarde quelque objet élevé, comme la pointe d'un clocher, hauſſant & baiſſant le verre devant l'œil, pour voir ſi l'objet ne paroît pas ondoyant. Il eſt rare de trouver des verres épais & larges & en même tems exemts de ces défauts. C'eſt ce qui augmente beaucoup le prix des grands ſur les petits : la couleur du verre la plus avantageuſe eſt celle qui tire un peu ſur le bleu ou le verd de mer. Il faut auſſi que le verre ſoit d'égale épaiſſeur, afin que les deux ſuperficies ſoient bien paralléles. Les grands verres ſont fondus de la grandeur & de l'épaiſſeur convenables, mais les petits ſont coupés avec la pointe d'un diamant. Un verre, dont on veut faire un objectif de 12 ou 15 pieds, aura environ deux pouces de diamétre, ainſi des autres à proportion. Un oculaire convéxe du plus petit au plus long foyer, aura tout au plus depuis 8 juſqu'à 22 lignes : on arrondit ces ſortes d'oculaires en mettant un peu de maſtic au milieu de leur ſurface, pour y placer la pointe du compas & y tracer de l'autre une circonférence avec la pointe du diamant. Cet arrondiſſement ſe fait avec un gréſoir de Vitrier ou avec une pincette. Le verre ainſi préparé, ſera appliqué & collé contre une *molette*, qui eſt un morceau de bois ou de buis ou même de cuivre, taillé en petit dôme, de ſorte qu'il puiſſe ſervir de poignée à retenir le verre qui y eſt maſtiqué pour le travailler & le polir.

Le maſtic qui ſert à aſſeoir le verre ſur la molette eſt compoſé d'un quart de bonne raiſine, d'ocre très-douce, ou de blanc d'Eſpagne fin, le tout bien broyé & tamiſé très-ſubtilement, qu'on incorpore doucement & également dans trois quarts de poix noire bien choiſie, après qu'elle ſera fondue en mêlant cette poudre peu à peu avec la poix juſqu'à ce que le tout ne faſſe qu'un corps également pénétré de cette poudre.

XXXVII *Planche.* Fig. 33. Cette figure fait voir une molette coupée perpendiculairement; *a* eſt un trou qui perce toute la molette pour laiſſer échapper l'air qui auroit été enfermé par le maſtic; *b c* ſont une doucine ou rebord, qui empêche les doits de deſcendre plus bas & ſert à faire peſer ſur le verre; le deſſous *b* eſt creux & inégal vers ſon centre pour y faire mieux tenir le maſtic, ſur lequel on applique bien inégalement le verre qu'on doit travailler. La figure Fig. 34. 34 fait voir cette molette toute garnie & montée d'un verre.

Les baſſins, platines ou formes à travailler les verres, ſont ou concaves ſphériques ou convexes de différentes grandeurs de ſphére. On peut travailler un objectif de 20 à 25 pieds de foyer dans une forme de 10 à 12 pouces de diamétre, & ainſi des autres à proportion. Ces formes ſont de fer ou de laiton, l'un & l'autre le plus doux qu'on pourra trouver : le fer ſera forgé & le laiton jetté en fonte avec ſoin, comme nous le dirons quand nous enſeignerons à fondre des Miroirs ardens concaves.

Il faut avoir des modéles de forme ou de baſſin faits d'étain ou de bois

de poirier bien ſec, auſquels on aura donné l'épaiſſeur & la grandeur convenable ſur le tour. Quand ces platines ou formes convéxes ou concaves ſortiront des mains du Fondeur, on les montera ſur l'arbre d'un tour bien ſtable, de ſorte qu'elles ſoient bien perpendiculaires & exactement concentriques à cet arbre du tour : ce qui ſe fait aiſément par le moyen d'une eſpéce de roue ou cercle de fer, dont les croiſées ſont fendues aſſez-larges par le milieu, pour y recevoir quatre tenons *a b c d*, qui coulent juſte dans les fentes. Ces tenons ſont taraudés par-deſſous pour les arrêter avec des écroux *i*, à l'endroit où l'on veut : Les deſſus de ces tenons ſont recourbés à l'équerre *b*, où portent la vis *g* dans l'écrou *f*, pour pouvoir retenir fermes les baſſins par les bords ou par la pointe de la vis *g*, & les empêcher de changer de ſituation. On place quarrément ou à vis *e*, ce cercle juſte au centre de l'arbre d'un tour en l'air, enſuite on approche légérement l'outil à l'extrémité & au milieu de la forme, pour voir ſi elle eſt bien centrée : on avance ou recule les tenons & la forme, juſqu'à ce que l'outil touche également par tout, & l'on ſerre les quatre vis pour arrêter ainſi le baſſin, puis on conduit l'outil d'acier trempé, du centre à la circonférence de la forme & de la circonférence au centre, autant de fois qu'il ſera néceſſaire pour découvrir toute la ſuperficie concave ou convéxe de la platine, laquelle étant parfaitement formée ſera retirée de deſſus le tour pour ſervir à travailler les verres. Fig. 55.

Les verres montés & maſtiqués horiſontalement ſur la molette, on affermira ſur une table la platine ou forme convenable à la ſphére du verre qu'on veut travailler ; & y ayant mis du grais de meule à aiguiſer médiocrement dur, broyé en poudre, on conduira le verre en tournant la main depuis la circonférence de la forme juſqu'à ſon centre, & de ſon centre à la circonférence par pluſieurs contours, tant que le verre uſé par ce frottement ſoit parfaitement formé. On le polira & on l'adoucira avec d'autre grais qui a déja ſervi : quand le verre ſera bien poli & adouci (ce qu'on examinera en le regardant avec un verre qui groſſit les objets) on ne ſe ſervira plus de grais, mais ayant bien lavé la forme, auſſi bien que le verre & la molette pour en ôter tout le grais, on étendra ſur la forme un morceau de cuir bien doux ou de drap fin, qui doit être bien tendu & doit toucher par tout ſur la forme. On l'humectera d'eau, de potée d'étain, ou de tripoli fin d'Allemagne, qui aura demeuré deux jours dans un creuſet bien *luté*, c'eſt-à-dire, endui de terre, mis dans la braiſe ou dans un four de Boulanger, & l'on paſſera la molette ſur le verre vivement, en la conduiſant droit d'un bord à l'autre de la forme, obſervant à chaque tour & retour, de la tourner un peu entre les doits ſur ſon axe, de ſorte qu'appuyant fortement de la main, on lui faſſe toujours toucher la ſuperficie de la platine ou forme. On remettra auſſi de tems en tems de la potée ſur le poliſſoir, l'abreuvant d'eau à chaque fois, juſqu'à tant que le verre ait acquis un parfait poli. On en fera de même ſur l'autre côté du verre, proportionnant toujours les formes aux ſuperficies qu'on travaille.

Les ſuperficies planes ſont travaillées & finies ſur des formes plattes, & les ſuperficies concaves ſur des formes convéxes : avec cette différence néanmoins que les ſuperficies convéxes de petite ſphére, comme des oculaires convéxes peuvent être polies ſur un cylindre concave de même ſphére que la forme où ils ont été travaillés : Ce cylindre concave ſera garni comme la

forme à polir ci-deſſus, & l'on y promenera le verre, comme ſi c'étoit un baſſin de grande ſphére, c'eſt-à-dire, d'un bout à l'autre Ce cylindre concave pourra être long d'un pied, il faudra tourner le verre entre les doits, & le faire porter par tout ſur le cuir abreuvé de potée ou de tripoli. Il eſt important de conſerver ces verres & de les pouvoir nettoyer de tems à autre; c'eſt pourquoi on les enchaſſe chacun dans une petite boëte ſéparée qui ſe monte à vis, & qu'on place dans le tuyau au point convenable.

On conçoit que les verres d'une très-grande ſuperficie, comme de deux pieds, ne ſçauroient être travaillés ſous la molette, & par conſéquent qu'il les faut travailler & polir comme les grandes glaces de Veniſe, en mettant le verre en la place du poids, & la forme en place de la glace. On enchaſſera donc le cylindre de verre au centre d'une eſpéce de grande roue qu'on chargera d'un fardeau, & pluſieurs perſonnes tenant cette roue à ſa circonférence, la promeneront horiſontalement avec le verre ſur la concavité d'une forme couverte tant de ſable ou de grais, pour donner la convéxité, que de potée pour polir & perfectionner le verre. On travaille encore les verres ſur le tour; cette méthode eſt univerſelle pour toutes ſortes de verres, quelques grandes que ſoient leurs ſuperficies. On ne parle pas ici des Téleſcopes à deux tuyaux, qu'on appelle *Binocles*, parce que ces ſortes de lunettes ne ſont pas en uſages dans l'Aſtronomie, & que leur conſtruction eſt trop embarraſſante.

Des corps propres à réflechir les rayons de lumiére, & des effets de cette réflexion.

TOut corps opaque dur & poli réfléchit la lumiére, de laquelle il reçoit les rayons plus ou moins abondamment, ſelon des angles différens à proportion des configurations différentes de ces corps. On peut donc employer à la réflexion des rayons tout corps dur & poli, ſi on le rend opaque; c'eſt ce qu'on fait lorſqu'on colle des feuilles d'étain ſur les glaces. Il en eſt de même de tout corps dur & opaque ſi on le polit, comme le métail, dont on fait des miroirs, & ainſi que des autres matiéres convenables.

Perſonne n'ignore de quelle maniére ſont faits les miroirs plans, dont nous allons annoncer les propriétés.

Obſervations ſur les miroirs plans.

CEs obſervations ſont des conſéquences qui dérivent du principe général de la Catoptrique duquel nous avons ci-devant donné une idée.

Fig. 36. 1°. Les rayons de l'objet K, perpendiculaire au miroir plan ABCD, placé horiſontalement, ſont réfléchis en K ſur eux-mêmes, parce que l'angle d'incidence eſt de 90 d. Ainſi l'œil placé dans la ligne FK au-deſſus ou au-deſſous de K, verra par réflexion l'objet K en ſa ſituation naturelle, ſi cet objet ne l'en empêche. C'eſt ſous ce rayon perpendiculaire, comme le plus direct, que la réflexion eſt plus forte & qu'on voit mieux un objet réfléchi.

Fig. 36. 2° Les rayons de l'objet E, qui tombent obliquement en F ſur le miroir ABCD, paſſeroient outre en ligne droite, ſi ce miroir n'étoit opaque; mais à cauſe de ſa denſité, ces rayons ſont réfléchis en G, & font l'angle de réflexion IFG égal à celui d'incidence HFE. Ainſi l'œil placé dans la ligne FG auſſi loin ou auſſi près qu'on voudra du miroir, verra l'objet E;

de même l'objet L ſera vû ſur la ligne M, & ainſi des autres.

3°. Le rayon de l'objet E, fait avec la ſuperficie inférieure du miroir au point F, l'angle L F H égal à l'angle de réflexion G F I. Ainſi l'œil placé dans la ligne F G, voit l'objet E dans la ligne F L par-delà le miroir, comme ſi véritablement cet objet étoit derriére le miroir ſur cette ligne : & par une raiſon réciproque, l'œil en G verra l'objet E, comme il le verroit s'il étoit placé en N, après avoir fait ôter le miroir. Ce point N eſt l'interſection de la perpendiculaire G I avec E F.

4°. L'objet E repréſenté dans le miroir plat A B C D, paroît autant enfoncé derriére ce miroir, qu'il en eſt éloigné par-devant ; parce que ſi l'on ſuppoſe ce point E deſcendu ſous le miroir, il le ſera par la ligne la plus courte, c'eſt-à-dire, par la perpendiculaire au miroir horiſontal, qui ſera E H ; mais cette perpendiculaire ſera coupée en L par le rayon G F prolongé en L par l'obſervation précédente. Donc l'objet E paroîtra en L. Ce point L eſt autant éloigné ſous le miroir que E l'eſt deſſus, puiſque l'angle E F H eſt égal à celui H F L ; parce que L F H eſt égal à l'angle de réflexion G F I, lequel eſt égal à l'angle d'incidence E F H. Ainſi pour voir un objet qui eſt dans un petit eſpace, comme s'il étoit fort éloigné, il faut lui faire faire pluſieurs réflexions ſur des miroirs diſpoſés ſur les faces d'un polygône. Fig. 37.

5°. L'objet E M envoye ſes rayons ſur le miroir : Sçavoir le point E en P, qui eſt réfléchi en G par l'obſervation 2. & eſt vû de G, comme s'il étoit en L, par l'obſervation 3. Le point M envoye auſſi ſon rayon en Q, qui eſt réfléchi en R, & eſt vû de R, comme s'il étoit en N. Si on prend le milieu de G R pour y placer l'œil, parce qu'il doit voir ces deux points M & E, il verra l'objet M E, comme s'il étoit en L N, mais renverſé, parce que le point E eſt plus près ſur le miroir & deſſous que celui M. Par l'obſervation 4, l'objet M E ſera vû comme il le ſeroit du point O, ſi le miroir étoit ôté. Ainſi dans un miroir plat, lorſqu'on l'éleve au-deſſus de la tête, les pieds & le pavé paroiſſent en haut, tandis que la tête paroît en bas. Par la même raiſon, ce qui eſt à droit paroît à gauche, & ce qui eſt à gauche paroît à droit. Fig. 38.

6°. Si l'on approche un objet d'un miroir plat, dont la glace eſt épaiſſe, on y remarque deux images, l'une eſt bien éclairée, & l'autre eſt repréſentée avec une lumiére plus foible. Cet effet eſt produit par la double ſurface du miroir, dont l'inférieure réfléchit mieux que la ſupérieure, parce qu'elle eſt plus près de ce qui rend le miroir opaque.

7°. Lorſqu'on approche fort obliquement une bougie allumée de l'extrémité d'un miroir, & qu'on met l'œil à peu près auſſi obliquement à l'extrémité oppoſée, on apperçoit pluſieurs images de la lumiére de la bougie, dont les unes ſont plus foibles que les autres, par la raiſon ci-deſſus.

8°. Si l'on diſpoſe à angles droits deux miroirs perpendiculaires à l'horiſon, & qu'on s'approche de l'un en ſuivant une ligne qui lui ſoit perpendiculaire, il paroîtra que la même perſonne ſe meut en ſens contraire. Dans celui qui eſt paralléle à la perſonne qui marche, elle paroîtra aller comme du Septentrion au Midi ; mais dans le miroir dont elle approche, elle paroîtra par l'obſervation 4 venir du Midi au Septentrion.

9°. Si l'on diſpoſe à angles droits le miroir plan *a b c d*, ſur la ligne 1 D de la figure A planche 35, de la même largeur que cette ligne & de la. Fig. 39.

hauteur de H I ; ayant tranſporté le point de vûe L K de H en M, en regardant dans le miroir par le trou K, on y appercevra en ſens renverſé, mais dans ſes juſtes proportions, la tête qui paroiſſoit difforme ſur le plan horiſontal E D I G : parce que ſi au lieu de miroir, on avoit placé ſur I D un verre plan, & ſur E M G un plan noir perpendiculaire, alors l'œil regardant dans ce verre plan du point K perpendiculaire en H, il auroit vû ſur ce verre & dans ſes juſtes proportions en ſens naturel la tête A B C D ; ce qui prouve que le miroir plan fait voir par-devant en ſens renverſé, ce qu'on voit en ſens naturel à travers & derriére le verre plan.

Fig. 40. 10°. Un miroir plan poſé perpendiculairement à l'Horiſon & déclinant de 45 dégrés de la ligne oppoſée à l'œil, fait voir en ligne droite les objets qui ſont un angle droit avec l'œil. Si donc on fait une caiſſe, dans laquelle le miroir A F, faſſe avec le côté B H en F, un angle de 45 dégrés, que le côté AC ſoit attaché à angles droits au côté HF, qu'au milieu du côté A C ſoit une ouverture D H, & au milieu du côté F H un gros tuyau pour regarder le miroir ; on n'aura qu'à placer cette caiſſe ſur une fenêtre, de ſorte que D H ſoit en allignement avec une rue, on verra par le tuyau dans le miroir tout ce qui ſe paſſera dans la rue, comme ſi cette rue étoit directement oppoſée à l'œil. On peut attacher ce tuyau à une boule de genouil d'inſtrument ſoutenu par trois bâtons, pour s'en ſervir par tout & pouvoir le diſpoſer à volonté.

Si la face A H D C étoit fermée & revêtue intérieurement d'une eſtampe qui repréſenteroit un palais, un bois, &c. il n'y auroit qu'à couvrir le deſſus de la caiſſe D F C d'un parchemin huilé ; alors regardant par le tuyau, on y verroit cette eſtampe repréſentée, comme ſi on la regardoit directement.

C'eſt ſur ces principes que l'on conſtruit des boëtes d'Optique, dont on cache l'artifice en faiſant regarder à travers un petit verre, duquel les bords antérieurs ont été dépolis & uſés, afin qu'on ne puiſſe regarder que directement dans le miroir, ſans qu'il ſoit poſſible d'appercevoir les côtés de la boëte. Le parchemin dont on couvre ces boëtes pour les éclairer, doit être lavé pluſieurs fois dans de nouvelle eau, & à la fin dans de l'eau de Fontaine ; enſuite on l'étend avec des cloux ſur des planches pour le faire ſécher à l'air. On huile ce parchemin quand il eſt ſec, ou bien on y paſſe de tems en tems un vernis ; auparavant on le teint quelquefois en verd avec du verd de gris & du verd foncé délayé dans du vinaigre. C'eſt par la diſpoſition différente des miroirs plans qu'on voit, ſans ſortir d'une chambre, ce qui ſe paſſe dans une autre, & qu'on pratique une infinité de moyens de ſurprendre la vûe.

Des Miroirs ſphériques, cylindriques, coniques, concaves & convéxes.

IL eſt naturel d'inférer du principe général de la Catoptrique, que les miroirs travaillés en différentes façons de convéxité ou de concavité, peuvent produire par la réflexion des rayons de lumiére ou de feu, une très-grande partie des effets que les verres travaillés différemment produiſent par réfraction : avec cette différence que les effets des miroirs concaves répondent à ceux des verres convéxes, & les effets des miroirs convéxes à ceux des verres concaves.

Observations ou conséquences tirées du principe de la Catoptrique sur les Miroirs sphériques, cylindriques & coniques.

1°. DAns le miroir concave sphérique AB, de métail ou de verre étamé par derriére, les rayons de l'objet K placé au centre C ou sur la ligne D, qui sert de diamétre au miroir, tombans à angles droits sur le miroir, sont réfléchis en K sur eux-mêmes, par la 1re observation sur les miroirs plats; alors celui qui aura l'œil au centre du miroir, ne verra que soi-même sur le point C de quelque côté qu'il se tourne. Fig. 41.

2°. Dans le miroir concave A B les rayons de l'objet E tombans en F sont réfléchis en B, parce que l'angle d'incidence E G étant fait sur la ligne G H perpendiculaire au rayon FC, l'angle de réflexion qui est ici HFB doit lui être égal. Si donc l'œil est placé sur la ligne F B, il verra le point E. Si le miroir concave étoit continué en sa sphère par-delà B, ce point B de réflexion seroit encore réfléchi comme en I, d'où il arriveroit que plaçant l'œil en I, il verroit deux fois l'objet E dans le même miroir: sçavoir en F par la premiére réflexion & en B par la seconde; ce qui n'arrive jamais dans les miroirs plans ou convéxes.

3°. Si dans le même miroir on tire du point E (où nous supposons l'objet) par le centre K la ligne droite K L par-delà le miroir, alors l'œil placé en B verra cet objet E sur la ligne de réflexion B F prolongée par-delà le miroir au point L, où cette ligne de réflexion coupera la ligne K E prolongée. Il peut arriver que cette intersection se fasse au-devant du miroir, comme elle se fait derriére; & en ce cas l'objet & son rayon réfléchi paroîtront se toucher devant le miroir. C'est pour cela que se regardant dans ces sortes de miroirs, on se donne la main à soi-même en un certain point. Une personne qui vient derriére nous avec une dague, semble venir l'enfoncer dans le sein d'une personne placée en un certain point du miroir. On ne remarque pas ces effets dans les miroirs plans, qui n'ont aucun centre pour fixer la route de la ligne K E F L, qu'on suppose toujours perpendiculaire au plan d'un miroir plat.

4°. Les verres convéxes d'une seule convexité ont leur foyer par-delà leur centre vers leur diamétre; mais dans le miroir concave ABC, le foyer est au-dessous du centre environ vers le milieu du demi-diamétre, entre la surface concave & le centre D au point G, vers lequel sur l'axe du miroir D B se réunissent les rayons E F H I, qui tombent paralléles entre eux sur ce miroir. Ils tombent ordinairement tels sur un miroir qui n'auroit que 30 dégrés de surface, à moins que l'objet ne soit au foyer, comme nous l'avons dit observation 1re. Fig. 42.

Si donc l'objet est placé au foyer, les rayons seront réfléchis paralléle-ment, comme ils sortent paralléles d'un verre convéxe; car si on suppose l'objet placé en G, il enverra les rayons en H & en I, qui seront réfléchis en E H, puisque l'angle de réflexion est égal à celui d'incidence, & qu'on peut supposer l'objet au point de réflexion, comme au point d'où il tombe.

Si l'objet est plus près du miroir que son foyer G, les rayons seront réfléchis divergens. C'est pourquoi si on place là une chandelle, une grande lumiére en sera réfléchie par toute une grande chambre: si l'on écrit sur la

miroir des lettres, elles ſeront imprimées en très-gros caractére ſur les murs & en ſens contraire, comme dans les formes d'Imprimerie. Si on place la chandelle au foyer G, les caractéres ſeront encore imprimés mais moins groſſis; ſi la chandelle eſt reculée par-delà le foyer, les lettres devront paroître plus foiblement, mais en ſens naturel: C'eſt le fondement des Lanternes magiques. Si l'on enferme un tel miroir dans une boëte d'Optique éclairée par le haut, de ſorte que l'objet ſoit moins éloigné du miroir que ſon foyer, en regardant par le trou ordinaire à ces boëtes, on verra dans le miroir l'objet plus grand que toute la boëte.

XXXV. *Planche.* Fig. M. M. le Chevalier Newton dans ſon Traité d'Optique, donne un moyen de raccourcir les Téleſcopes en cette maniére. Soit le verre A B C D, qui eſt ſphériquement concave par le devant A B & convéxe par derriere C D, de ſorte qu'il ſoit par tout d'une égale épaiſſeur, de peur qu'il ne faſſe paroître les objets colorés & confus. Du reſte qu'il ſoit exactement travaillé, endui de vif-argent par derriére & enchaſſé dans le tuyau V X Y Z, lequel doit être fort noir en dedans. Soit le priſme de verre ou de criſtal E F G placé près de l'autre extrémité du tube à égales diſtances de ſes côtés, par le moyen d'une eſpéce de manche de cuivre ou de fer F G K, dont le bout applati F G couvre un des côtés du priſme, qui ſera attaché avec du ciment. Soit ce priſme rectangle en E, ayant les deux autres angles en F & G exactement égaux l'un à l'autre, & par conſéquent demi-droits. Soient les côtés plans F E & G E quarrés; ce qui fera au troiſiéme côté F G un parallélogramme rectangle, dont la longueur ſoit à ſa largeur en proportion ſou-doublée de deux à un. Soit ce priſme placé de telle maniére dans ce tube ou tuyau, que l'axe du miroir, au verre concave A B C D puiſſe paſſer perpendiculairement par le moyen du quarré E F; & par conſéquent par le milieu du côté F G, à un angle de 45 dégrés. Soit le côté E F tourné vers le miroir; & le priſme à telle diſtance du miroir, que les rayons de la lumiére P Q, R S, &c. qui tombent ſur ce miroir en ligne paralléle à ſon axe, puiſſent entrer dans le priſme par le côté E F, & être réfléchis par le côté F G, & de là en ſortir par le côté G E, & aller au point T, qui doit être le foyer commun du miroir A B D C, & d'un verre oculaire plan convéxe H, au travers duquel ces rayons doivent paſſer dans l'œil. Enfin, que les rayons au ſortir de ce verre paſſent par un petit trou rond, fait dans une petite plaque de plomb, de cuivre ou d'argent, qui doit couvrir le verre & n'être pas plus grand qu'il ne faut pour qu'une quantité ſuffiſante de lumiére puiſſe paſſer à travers. Car cela même rendra l'objet diſtinct, parce que la plaque où l'on aura fait ce petit trou, interceptera toute la portion vague de lumiére qui vient des bords du miroir A B.

Un tel Inſtrument bien fait (s'il eſt de 6 pieds de long à compter ſa longueur depuis le miroir juſqu'au priſme, & depuis le priſme juſqu'au foyer T) comportera à l'endroit où eſt le miroir, une ouverture de ſix pouces & groſſira les objets environ 2 ou 300 fois. Mais ici il eſt beaucoup plus avantageux de terminer l'ouverture par le moyen du petit trou placé vers H, que de la terminer par le moyen d'une plaque poſée ſur le miroir A B, & ouverte de Q en S. Que l'on faſſe l'inſtrument plus long ou plus court, l'ouverture doit être en même proportion que le cube de la racine quarrée-quarrée de la longueur, & le pouvoir amplifiant en même proportion que l'ouverture. Mais il faut que le miroir ſoit du moins un ou deux pouces plus

large

large que l'ouverture ; & que le verre du miroir ſoit aſſez épais, pour qu'en le travaillant il ne ſe courbe point. Le priſme E F G ne doit pas être plus gros qu'il n'eſt néceſſaire ; & le côté de derriére F G ne doit pas être enduit de vif-argent ; parce que ſans en être enduit, il réfléchira toute la lumiére qui du miroir tombera ſur lui.

Dans cet inſtrument les objets paroîtront renverſés ; mais on pourra les redreſſer en faiſant les côtés quarrés E F & E G du priſme E F G, non plans mais ſphériquement convéxes, afin que les rayons puiſſent ſe croiſer avant d'arriver au priſme auſſi bien qu'après, entre le priſme & l'oculaire. Dans ce cas l'image ſera un peu colorée, parce que les côtés convexes du priſme font l'effet d'un ſecond oculaire ; & la lunette doit auſſi être plus longue pour donner lieu à l'image renverſée, qui ſe fait devant le priſme auſſi-bien qu'à la ſeconde image redreſſée, qui ſe fait entre le priſme & l'oculaire, où l'image renverſée étoit auparavant.

Ayant raſſemblé au foyer de ces miroirs les rayons de lumiére que le Soleil répand autour de lui & qu'il darde ſur tous les objets qu'ils rencontrent, on voit alors le feu prendre à ce foyer & brûler ces mêmes objets. Peut-être pourroit-on croire que les rayons envoyés de notre feu ordinaire (comme d'un charbon allumé ſur la ſurface d'un miroir concave) pourroient être réunis pour brûler à leur point de réunion ; mais deux obſtacles ſe préſentent, qui ne ſe trouvent point dans le Soleil. 1°. Le Soleil n'envoye que la ſimple matiére de la lumiére qui eſt répandue dans l'air ſans aucun mélange, au lieu que notre feu ajoûte à cette matiére de lumiére une matiére huileuſe qui ſe trouve dans le bois & les autres matiéres combuſtiques, ce qui altére déja beaucoup la force de ce feu terreſtre. 2°. Le Soleil envoye la matiére de ſa lumiére ou ſon feu, qui eſt tout autour de lui, en pouſſant continuellement cette matiére à ſa circonférence : au lieu que notre feu n'eſt pas pouſſé de toutes parts. Il s'éleve en haut ſans beaucoup de violence d'aucun corps qui l'y pouſſe avec force, mais ſeulement parce que l'air étant plus peſant que la flamme, éléve cette même flamme juſqu'à ce qu'elle trouve un air plus ſubtil, avec lequel elle ſoit en équilibre. D'où il ſuit que les rayons du feu terreſtre & ordinaire ne peuvent ſe porter contre un miroir concave, à moins que ce miroir ne ſoit tourné vers la terre & ne couvre ce feu ; alors ſa ſurface ſera bien-tôt ternie par la fumée. D'ailleurs ce feu mélangé d'huile eſt bien foible, pour produire un effet conſidérable par ſa réflexion. Cependant une perſonne nous a dit avoir tellement diſpoſé deux miroirs paraboliques, qu'un charbon allumé, étant placé au foyer d'un de ces miroirs, ce foyer mettoit en feu par réflexion un paquet de poudre qu'on en avoit éloigné de quelques pieds. Défunt M. du Fai de l'Académie des Sciences, a travaillé avec ſuccès à deux miroirs propres à faire cette expérience. C'eſt ce que l'on voit en la figure P. planche 35. B C, & B C ſont deux miroirs paraboliques de plâtre, dont la concavité eſt dorée & brunie, leur plus grande ordonnée B C (qui eſt une ligne droite tirée au diamétre d'une courbe, & coupée en deux par ce diamétre) eſt d'un pied, & leur axe d'environ 18 lignes depuis l'ordonnée juſqu'à la ſurface concave. B F & B F ſont deux foyers diſtans de ſix pouces de la ſurface concave, à l'un deſquels eſt un charbon allumé, & à l'autre un paquet de poudre à canon, qui s'eſt enflammée ſur le champ ; quoique l'irrégularité inévitable des miroirs compoſés de XXXV. Planche Fig. P.

telle matiére ait fait perdre plus des trois quarts des rayons réflechis parallélement, il eſt hors de doute que tels miroirs de métail ou de verre étamé brûleroient à plus de vingt pieds.

On trouvera facilement le foyer d'un miroir concave en l'expoſant au Soleil, de maniére qu'il lui préſente ſon centre; & approchant peu à peu un morceau de bois, juſqu'à ce que le diſque de lumiere réfléchie paroiſſe le plus petit qu'on pourra; ou bien ayant fait tomber de la pouſſiére vis-à-vis le miroir, on remarquera ſur cette pouſſiére un cône éclairé, dont la pointe ſera le foyer. La figure 43 fait voir un miroir ardent expoſé au Soleil, & brûlant un morceau de bois. Quoique ſelon les régles on puiſſe faire un miroir dont le foyer ſoit fort éloigné, les rayons ne s'y uniroient pas mieux pour cela, à cauſe que ces rayons ne pourroient traverſer que bien difficilement l'air & à cauſe de la peine & du travail qu'il en couteroit pour qu'un tel miroir fût exact. Fig. 43.

Pour le prouver, nous allons expoſer quelques-uns des raiſonnemens d'un Sçavant de nos jours. Mais nous obſerverons préalablement que M. Tſchirnaus (dont nous avons déja parlé au ſujet du fameux verre ardent de Monſeigneur le Duc d'Orléans) avoit auſſi fabriqué un de ces ſortes de Miroirs ardens ordinaires, qui étoit le plus vigoureux que l'on eût connu juſqu'alors. Il étoit compoſé d'une lame de cuivre qui n'étoit guére plus épaiſſe que deux fois le dos d'une lame de couteau ordinaire, la largeur du miroir étoit d'environ trois aunes de Leipſick, & ſon foyer n'avoit que deux de ces aunes de diſtance. Voici quels effets il produiſoit quand on l'expoſoit au Soleil. 1°. Il mettoit le feu en un moment à un morceau de bois placé à ſon foyer, & le vent ne pouvoit en éteindre la flamme. 2°. L'eau bouilloit en un moment & s'évaporoit toute en peu de tems. 3°. Les métaux étoient bientôt fondus, & des lames de fer, d'acier, de cuivre, d'argent, &c. étoient percées en ſix minutes. 4°. Les pierres & les briques devenoient rouges comme un fer ardent. 5°. L'ardoiſe, les tuiles, les os, &c. ſe changeoient en verre. On voit à l'Obſervatoire de Paris un autre Miroir ardent, qui a ſon foyer à 3 pieds de diſtance, dont les effets ſont à peu près les mêmes.

On en fait de carton, de paille collée & de toute ſorte de corps dur & poli. Mais le verre ardent de Monſeigneur le Duc d'Orléans, produit des effets encore plus ſurprenans par la réfraction des rayons.

Depuis peu on eſt revenu de la croyance qu'on avoit eu juſqu'à préſent qu'il n'étoit pas poſſible qu'*Archiméde* ſe fût ſervi d'un miroir concave pour brûler la flotte des Romains, parce que, [eu égard à la diſtance des Vaiſſeaux] la portion de Sphère du miroir auroit dû être d'une étendue impratiquable. Voici ce que dit à ce ſujet un Auteur moderne: * » Pluſieurs anciens » Hiſtoriens ont fait mention des effets étonnans du miroir ardent dont » ils prétendent qu'*Archiméde*, & longtems après lui *Proculus*, ont fait uſage » pour brûler les Vaiſſeaux d'une flotte des Romains qui étoit devant Syracuſe. La grande portée & l'extrême étendue du foyer qu'il eût fallu » que ces miroirs euſſent eu pour produire cet effet en ont rendu la réalité » fort douteuſe aux yeux des Sçavans modernes. Voici comme ils ont rai-

* » *M. de la Chapelle*, Cenſeur Royal & Membre de la Société Royale de Londres, dans » ſon Traité des Sections coniques & autres courbes anciennes appliquées ou applicables » aux Arts, vol. in-8°. imprimé à Paris en 1750 chez J. F. Quillau fils, rue ſaint Jacques.

» fonné pour peſer les moyens qui pouvoient être favorables à Archiméde, » qui, ſans doute, avoit toutes les connoiſſances géométriques & néceſſaires » pour donner à ces miroirs la conſtruction requiſe & la plus efficace.

» Suppoſons, dit l'Auteur que nous copions, que cet ancien & fa- » meux Géométre ou d'autres ayent fait uſage de leurs connoiſſances dans » la conſtruction de leurs miroirs : ces Inſtrumens paraboliques, ou ſi l'on » veut, ſphériques ſeulement, ont-ils pû porter l'incendie dans les Vaiſ- » ſeaux des Romains à une diſtance auſſi prodigieuſe pour cela que celle » où ils doivent être de la Ville ? Nous pouvons apprécier cette étendue. » Un miroir ſphérique concave pour enflammer des corps à 150 pieds, » auroit dû être formé ſur un Globe qui auroit eu 300 pieds de rayon ; » mais l'exécution de cette courbe énorme eſt au-deſſus des reſſources de » l'art. Les Vaiſſeaux des Romains s'approchoient aſſez près des murailles » de Syracuſe, puiſque par le moyen d'une grue armée de chaînes on les » ſoulevoit & on les précipitoit dans la mer. Cependant il eſt à croire » qu'Archiméde n'employa ſes miroirs que contre les Vaiſſeaux qui étoient » plus éloignés. Il paroît du moins par ce rapport des Hiſtoriens, qu'il ne » les mettoit en uſage que comme un ſupplément à ſes autres machines.

» Le P. Kircher, qui a été à Syracuſe, détermine cette diſtance à 150 » pieds, ainſi il faut donc renoncer, par les raiſons qui viennent d'être in- » diquées, à admettre les miroirs ardens ordinaires de cette portée, com- » me impoſſibles dans leur exécution ſelon les régles.

» Le ſeul moyen qui reſte pour ſauver la réalité de cette manœuvre, » qui a tant fait d'honneur à Archiméde, c'eſt de lui ſuppoſer l'idée & de » lui faire employer des miroirs plans ; car le même P. Kircher a dit qu'avec » pluſieurs miroirs de cette eſpéce diſpoſés, de maniere que les rayons, qui » ſe réfléchiſſent de la ſurface de chaque miroir plan, ſe réuniſſant par la » diſpoſition de ces mêmes miroirs, à un foyer commun, il apperçut » qu'ils produiſoient une chaleur ſenſible à une certaine diſtance aſſez con- » ſidérable.

Nous venons de voir un de nos plus célébres Académiciens * embraſſer cet objet dans toute ſon étendue. Il a fait conſtruire une ſorte de Miroir ardent dont l'exécution & les effets qu'il produit, ſurpaſſent tout ce qu'on pouvoit déſirer en ce genre.

Ce miroir eſt compoſé de 360 petites glaces planes, de chacune 4 pouces en quarré, qui ſont étamées & comme arrangées dans un pareil nombre de compartimens d'un grand chaſſis de fer dont nous allons parler. Chaque glace a une eſpéce de monture, dont le méchaniſme eſt d'une nouveauté digne de remarque. Il conſiſte à rendre toutes ces glaces mobiles par le moyen de deux ſortes vis de cuivre à oreilles, & d'une piéce de fer qui fait reſſort, en ſorte que par leur mouvement elles peuvent être dirigées vers un point commun à toutes.

Le chaſſis eſt formé par 18 barres de fer de 8 pieds de longueur, poſées verticalement & par 20 autres barres de 7 pieds ſituées horiſontalement. Toutes ces barres aſſemblées compoſent ce chaſſis qui par conſéquent a

* *M. de Buffon*, Tréſorier perpétuel de l'Académie Royale des Sciences, Intendant du Jardin Royal des Plantes & Directeur conjointement avec M. Daubenton, du Cabinet du Roi pour l'Hiſtoire naturelle, lequel eſt auſſi de la Société Royale de Londres, de celle d'Edimbourg & de l'Académie de Berlin, &c.

8 pieds de haut ſur 7 de large, ce qui donne une ſuperficie de 56 pieds quarrés. Pour ſoutenir en équilibre & faire mouvoir ce chaſſis, il y a au milieu de ſa largeur & aux deux côtés de la hauteur deux tenons de fer, faiſant l'effet des deux bouts d'un axe qui excédent la largeur du chaſſis & entrent dans les trous de deux forts montans de fer ſolidement poſés ſur un plancher inférieur de forme circulaire, & qui a un peu plus de diamétre que la largeur dudit chaſſis, de maniére que l'on peut non-ſeulement lui donner différens dégrés d'inclinaiſon & le fixer à celui que l'on ſouhaite, mais encore le faire tourner ſur le plancher, afin de pouvoir le diriger de tel côté qu'on voudra. Enfin il y a 4 roues par-deſſous le plancher pour mouvoir toute la machine, la tranſporter d'un lieu dans un autre & l'expoſer au Soleil, où l'on dirige auſſi toutes les petites glaces.

On ne peut ſe diſpenſer, en examinant cette conſtruction, de convenir que toute ſon ordonnance eſt la mieux entendue qui ſe ſoit pû imaginer.

Ce Miroir brûle du bois & autres matiéres combuſtibles, plus ou moins vivement, depuis 20 pieds de diſtance juſques à 200. Il fond de l'étain à 150; & il peut, dit-on, produire à 100 pieds tous les effets de celui de l'Obſervatoire, & de celui qu'avoit Monſeigneur le Duc d'Orléans, dont nous avons ci-devant parlé.

Le foyer de ce nouveau Miroir peut être porté à des diſtances différentes, par la diſpoſition des petites glaces auſquelles on fait prendre, comme nous venons de l'expliquer, différens dégrés d'inclinaiſon.

» Il falloit donc, ajoûte l'Auteur ci-deſſus cité, un Miroir auſſi puiſ-» ſant à Archiméde; l'avoit-il en ſa diſpoſition? Nous n'en ſçavons rien, » mais preſque tous les Opticiens croiront toujours que M. de Buffon en » eſt l'Inventeur, & le témoignage des Auteurs qui rapportent le fait d'Ar-» chiméde, ne leur paroîtra diminuer la gloire de l'invention, qu'en ce » qu'il aura peut-être engagé ce ſçavant Académicien à tourner ſon atten-» tion vers cet objet, en ſorte qu'on peut aujourd'hui regarder ce fait » comme antidaté de quelques ſiécles. «

Au reſte on pourra voir dans le Recueil qui va paroître inceſſamment des Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'année 1747, celui qui concerne la deſcription fort ample & très-exacte que M. de Buffon a donnée lui-même de ſon Miroir avec celle de ſes effets, &c. Il eſpere perfectionner encore ce Miroir, & porter ſes effets juſques à 400 pieds de diſtance & peut-être davantage, en y ſubſtituant des glaces d'une grande ſuperficie, comme d'un pied en quarré, &c.

Cet Académicien actuellement occupé d'un projet, qui a auſſi rapport à la perfection de cette partie de l'Optique, pourra procurer aux Curieux de grands avantages en ce genre par l'exécution du plan que la ſupériorité de ſes lumiéres & de ſes talens ne peut manquer de faire réuſſir.

Le projet que nous annonçons ici, conſiſte à faire fondre des glaces d'une ſuperficie courbe & d'une étendue conſidérable; comme de 3 ou 4 pieds de diamétre ou environ; & pour cet effet il a déja fait élever un four d'une conſtruction toute particuliére.

Le même projet de fabriquer de pareilles glaces a été tenté en Angleterre; mais juſqu'à préſent il n'a eu de ſuccès que juſqu'à en faire de courbes d'un pied de diamétre ſeulement.

Au ſurplus, il eſt indubitable que les miroirs paraboliques ſeroient bien meilleurs que les ſphériques, dont nous avons parlé, parce qu'ils réuniroient mieux & bien plus de rayons à leur foyer; mais la difficulté de les conſtruire les fait abandonner, parce qu'on peut ſe ſervir du tour pour faire les modéles des ſphériques, & pour les polir ſur le tour, qui ne peut pas être mis ſi facilement en uſage pour conſtruire les modéles exacts des miroirs paraboliques.

5°. Dans le miroir concave ſphérique A B, qui eſt de métail ou de verre étamé, les rayons de l'objet K placé ſur le diamétre prolongé du centre C, ſont réfléchis ſur eux-mêmes, par l'obſervation 1re. Fig. 443.

6°. Dans le même miroir, les rayons de l'objet E tombant en F, ſont réfléchis en M, parce que l'angle d'incidence E F G étant fait ſur la ligne G H perpendiculaire au rayon F C, l'angle de réflexion, qui eſt ici M F H, doit lui être égal. Si donc l'œil eſt placé ſur la ligne M F, il verra le point E.

Il eſt évident que ce miroir écarte les rayons & produit par réflexion les effets que le verre concave produit par réflexion. Il n'a donc point de foyer effectif, c'eſt-à-dire, qu'il n'y produit aucun effet.

Si on prolonge la ligne de réflexion M F, & ſi par l'obſervation 3me, du centre C, on tire à l'objet E la ligne C E; le point I de leur interſection ſera celui de l'apparence de l'objet E par-delà le miroir.

Ce point d'apparence I pourra ſe trouver ſur le miroir, comme dans ſa concavité, ce qui produira différens effets, comme dans le miroir concave.

Une perſonne dans la ligne C K, paroît toujours plus grande dans ce miroir, à meſure qu'elle s'approche du miroir parallélement à ſoi-même; parce que, par la remarque précédente le point L de l'apparence de l'objet ou de la perſonne qui ſe voit, paroîtra moins enfoncé, & par conſéquent plus près de l'œil, & ſous un plus grand angle. Il arrivera la même choſe, ſi l'objet demeure en K & ſi l'œil s'approche du miroir dans la ligne K L; il verra même cet objet moins enfoncé dans le miroir.

7°. Les effets de la réflexion ne ſont pas moins ſurprenans dans les miroirs cylindriques & coniques que dans les ſphériques; car ces miroirs ſont un compoſé de miroirs plans & ſphériques. Le cylindrique dans ſa longueur a les propriétés du miroir plan perpendiculaire, & le conique du miroir plan incliné. L'un & l'autre (le cylindrique & le conique) dans leurs rondeurs, ont les propriétés des miroirs ſphériques. C'eſt pourquoi ſi l'œil & un objet ſont dans la ligne qui va de l'œil à l'axe du miroir cylindrique ou à ſon centre, cet objet ſera vû comme il le ſeroit dans un miroir plan, ſur lequel ſon rayon tomberoit; c'eſt-à-dire, que ce rayon paroîtra auſſi enfoncé dans le miroir qu'il en ſera éloigné.

Si l'œil & l'objet ſont en même ſituation, par rapport à un miroir conique qu'on les ſuppoſe ci-deſſus à l'égard du cylindrique, l'objet ſera vû comme dans un miroir plan autant incliné que le cône; c'eſt-à-dire, auſſi enfoncé dans le cône qu'il le paroîtra dans le miroir incliné, de même inclinaiſon que le cône.

Si l'œil & un point de l'objet ſont dans un plan paralléle à la baſe du miroir cylindrique, la ſection de ce plan & du miroir étant un cercle, il arrivera la même choſe qui arrive dans la ligne horiſontale, qui paſſe par la

circonférence d'un miroir convexe élevé perpendiculairement ; les grandeurs ſont fort raccourcies dans ce plan.

Le miroir conique dans ſa rondeur a les mêmes propriétés par rapport aux ſituations précédentes de l'œil & de l'objet, que différens miroirs cylindriques décroiſſans en diamétre à proportion que le cône s'éléve.

Pour faire remarquer ces différens effets de réflexion & décrire ſur un plan horiſontal des figures difformes qui paroîtront belles par le moyen de cette réflexion, on fait de deux ſortes de tableaux, les uns pour le cylindre, en décrivant ſur la ſurface convexe d'un miroir cylindrique les figures qu'on veut déguiſer ; & les autres tableaux pour le cône, en décrivant pareillement ſur la ſurface convexe d'un miroir conique ces mêmes figures ; mais il faudra en l'un & l'autre cas regarder ces miroirs, ſçavoir, le cylindrique en face, & le conique perpendiculairement, mais toujours d'un point déterminé.

Maniére de tracer les premiers Tableaux.

Fig. 45. FOrmez ſur la ſurface convexe d'un miroir cylindrique le quarré A B C D, ſur lequel vous deſſinerez la figure que vous aurez deſſein de déguiſer ; diviſez enſuite ce quarré en ſeize autres petits quarrés, comme vous avez fait ſur le prototype pour la perſpective curieuſe (fig. A Planche 35.) Ces quarrés ſerviront à tranſporter la figure donnée dans des quarrés difformes, qu'on aura décrits ſur la ſurface placée au pied du miroir cylindrique (*fig.* 45 *bis*) dont la baſe eſt le cercle F G H I, qui a le point E pour centre. Ce qui ſe pratique ainſi : Suppoſez l'œil éloigné du cylindrique d'un ou de deux pieds comme en K, & élevé perpendiculairement ſur le point K, un peu plus haut que le cylindre ; tirez par ce point K & par le centre E la droite K E ; diviſez K E en deux parties égales au point L. De ce point L, pour rayon L E décrivez l'arc de cercle F E H, qui donnera ſur la circonférence F G H I les deux points F H. Par le point K & par les points F & H vous tirerez les droites K F S, K H T, qui toucheront cette circonférence aux mêmes points F H. Enſuite diviſez chacun des deux arcs égaux E F, E H en deux également aux points M & N, alors les droites K M, K N donneront ſur la circonférence F I H les deux points O & P, par leſquels vous tirerez les deux lignes O Q, P R, en ſorte que l'angle de réflexion F O Q ſoit égal à l'angle d'incidence P O K, en prenant la ligne K O pour un rayon d'incidence ; & que pareillement l'angle de réflexion H P R ſoit égal à l'angle d'incidence O P K, en prenant la ligne K P pour un rayon d'incidence : alors les cinq lignes I K, O Q, P R, F S, H T, repréſenteront les lignes du prototype, qui ſont paralléles aux deux côtés A B, B C, que les deux touchantes F S, H T de la fig. 45 *bis* repréſentent. Il ne reſte plus qu'à diviſer ces lignes en quatre parties égales pour la repréſentation qu'on s'étoit propoſé de faire, comme nous allons l'enſeigner.

Ayant mené par le point I (où la ligne K E coupe la circonférence F I H) la ligne 1, 2, perpendiculaire à la même ligne K E, qui ſera terminée aux points 1, 2, par les deux touchantes K F, K H, tirez du centre E par le point H la droite H o, que vous ferez égale à la ligne 1, 2, & diviſez-la en quatre parties égales aux points 7, 8, 9. Tirez enſuite

par le point K la droite K X, que vous ferez égale à la hauteur de l'œil & paralléle à la ligne H o ou perpendiculaire à la touchante K H. Ayant appliqué une régle droite au point X, & aux points de diviſion 7, 8, 9, o, marquez des points ſur la ligne H T, dans les endroits où elle ſe trouvera coupée ſucceſſivement par ladite régle, alors la ligne H T ſera diviſée aux points 7, 8, 9, T, en parties égales en apparence à celles de la ligne 1, 2, laquelle eſt diviſée par les lignes tirées du point K en quatre parties, qui ſont preſqu'égales entre elles. Enſuite portez les diviſions de la touchante H T ſur l'autre touchante F S. Reſte à diviſer la ligne P R en quatre parties égales pour repréſenter les quatre parties de la ligne 1, 2; pour cela tirez par le point P la ligne P 6, perpendiculaire à la ligne K P, & égale à la ligne 1, 2. Diviſez cette perpendiculaire P 6 en quatre parties égales aux points 3, 4, 5. Tirez pareillement par le point K la ligne ponctuée K V, que vous ferez égale à la hauteur de l'œil & paralléle à la ligne P 6 ou perpendiculaire à K P. Ayant comme auparavant appliqué une régle au point V & aux points de diviſion 3, 4, 5, 6, marquez ſur la ligne K P prolongée, les points 3, 4, 5, 6, dans les endroits où elle ſera coupée par la régle. Enfin portez les diviſions de la ligne P N ſur chacune des deux lignes P R, O Q, & faites paſſer par les points également éloignés de la circonférence F G H I, qui ont été marqués ſur les quatre lignes F S, O Q, P R, H T, quatre circonférences de cercle, qui avec les lignes droites F S, O Q, I K, P R, H T, formeront ſeize quarrés difformes, dans leſquels on tranſportera la figure du prototype; elle ſe trouvera défigurée ſur le plan horiſontal & paroîtra dans ſes proportions ſur la ſurface convexe d'un miroir cylindrique placé perpendiculairement ſur la baſe F G H I, quand elle y ſera regardée par l'œil élevé perpendiculairement ſur le point K à la hauteur K X ou K V.

Il ſuffit d'avoir une moitié du cylindre convexe, parce que l'œil ne peut appercevoir que la moitié de ſa convexité. Par l'application juſte des obſervations 1, 2, & 3, 6, & 7, ſur les miroirs concaves & convexes, & par la combinaiſon de ces obſervations avec celles que nous avons faites ſur le miroir plan, non-ſeulement on abrégera beaucoup les opérations ci-deſſus, mais on ſçaura tracer des figures difformes ſur un plan, qui paroîtront par réflexion dans leurs juſtes proportions ſur des ſurfaces de miroirs concaves, & même ondoyées. La figure 46 fait voir un miroir cylindrique élevé ſur ſa figure horiſontale. Fig. 46.

Maniére de tracer les ſeconds Tableaux.

SOit la figure A B C D à déguiſer ſur le plan horiſontal, de ſorte que regardée par réflexion ſur un miroir conique, elle paroiſſe dans ſes juſtes proportions. Ayant décrit un cercle autour de cette figure propoſée, diviſez ſa circonférence en tel nombre de parties égales qu'il vous plaira. Tirez du centre E par les points de diviſion autant de rayons, dont l'un comme A E ou D E, doit auſſi être diviſé en un certain nombre de parties égales. Décrivez du centre E par les points de diviſion autant de circonférences de cercle, qui avec les demi-diamétres précédens diviſeront l'eſpace terminé par la premiere & plus grande circonférence A B C D, Fig. 47.

en plusieurs petits espaces, qui serviront à contre-tirer la figure qui y sera compriſe & à la défigurer ſur le plan horiſontal autour de la baſe F G H I du miroir conique en cette ſorte.

Le cercle F G H I de la Figure 47 *bis*, dont le centre eſt O, a ſa circonférence égale à la baſe du cône donné ; le triangle rectangle K L M de la Figure 47. *ter*, aura ſa baſe K L égale au demi-diamétre O G de la baſe du cône, & la hauteur K M égale à la hauteur du même cône, la ligne K M, prolongée en N, de ſorte que M N ſoit égale à K M, donnera en N le point de l'œil au-deſſus de la pointe du cône, ou bien K N donnera ce même point de l'œil au-deſſus de la baſe du cône perpendiculairement ſur ſon centre. Diviſez la ligne K L en autant de parties égales qu'en contient le demi-diamétre A E ou D E du prototype ; tirez du point N par les points de diviſion P, Q, R, autant de lignes droites qui donneront ſur l'hypotenuſe L M, qui repréſente le côté du cône, les points S, T, V. Faites au point V, l'angle L V 1 égal à l'angle L V R ; au point T, l'angle L T 2 égal à l'angle L T Q ; au point S, l'angle L S 3 égal à l'angle L S P ; & au point M, (qui repréſente le ſommet du cône) l'angle L M 4 égal à l'angle L M K, pour avoir ſur la baſe K L prolongée, les points 1, 2, 3, 4.

Enfin du centre O, de la baſe F G H I du miroir conique & des intervalles K 1, K 2, K 3, K 4, décrivez des circonférences de cercle, qui repréſenteront celles du prototype A B C D, & dont la plus grande doit être diviſée en autant de parties égales que la circonférence A B C D. Enſuite du centre O, par les points de diviſion, tirez des rayons qui donneront ſur le plan horiſontal autant de petits eſpaces difformes, que dans le prototype A B C D, dans leſquels on tranſportera le prototype qui ſe trouvera tout-à-fait défiguré ſur le plan horiſontal, & paroîtra dans ſes juſtes proportions ſur la ſurface convéxe du miroir conique quand l'œil eſt placé perpendiculairement ſur le centre O à la diſtance de K N.

Vous obſerverez que ce qui eſt autour du centre du prototype, ſera à la circonférence dans la figure déguiſée en plan horiſontal, & que ce qui eſt à la circonférence du prototype, ſe trouvera toucher la baſe du cône dans la figure déguiſée. La figure 48 fait voir un miroir conique, élevé ſur ſa
Fig. 48. figure plane.

Nous avons remarqué (obſervation 10me ſur les miroirs plans) que l'œil devoit changer de place, pour voir par réflexion une figure déguiſée & plane ; & dans le miroir cylindrique il faut placer le bas de la figure déguiſée contre la baſe du cylindrique, & le haut de cette figure déguiſée du côté de l'œil.

Il y a cette différence entre le miroir cylindrique & le conique, qu'on ne peut ſe ſervir que d'une moitié du miroir cylindrique, & que l'œil ne peut être placé qu'un peu plus haut ou plus bas, toujours vis-à-vis de ce miroir, pour voir des objets par réflexion. Mais dans le miroir conique, non ſeulement l'œil peut être placé comme nous venons de dire ci-deſſus, & tout le miroir réfléchit des objets à l'œil ; mais encore on peut placer l'œil comme au miroir cylindrique, & le prototype ſera beaucoup plus déguiſé qu'au cylindre ; & les eſpaces des cercles éloignés de la baſe très-éloignés les uns des autres. Par conſéquent la figure ſur le plan horiſontal ſera d'une longueur ſurprenante en ſa partie ſupérieure ; auſſi ne ſe ſervira-t-on en ce cas que d'un peu plus de moitié de la circonférence du cône.

On

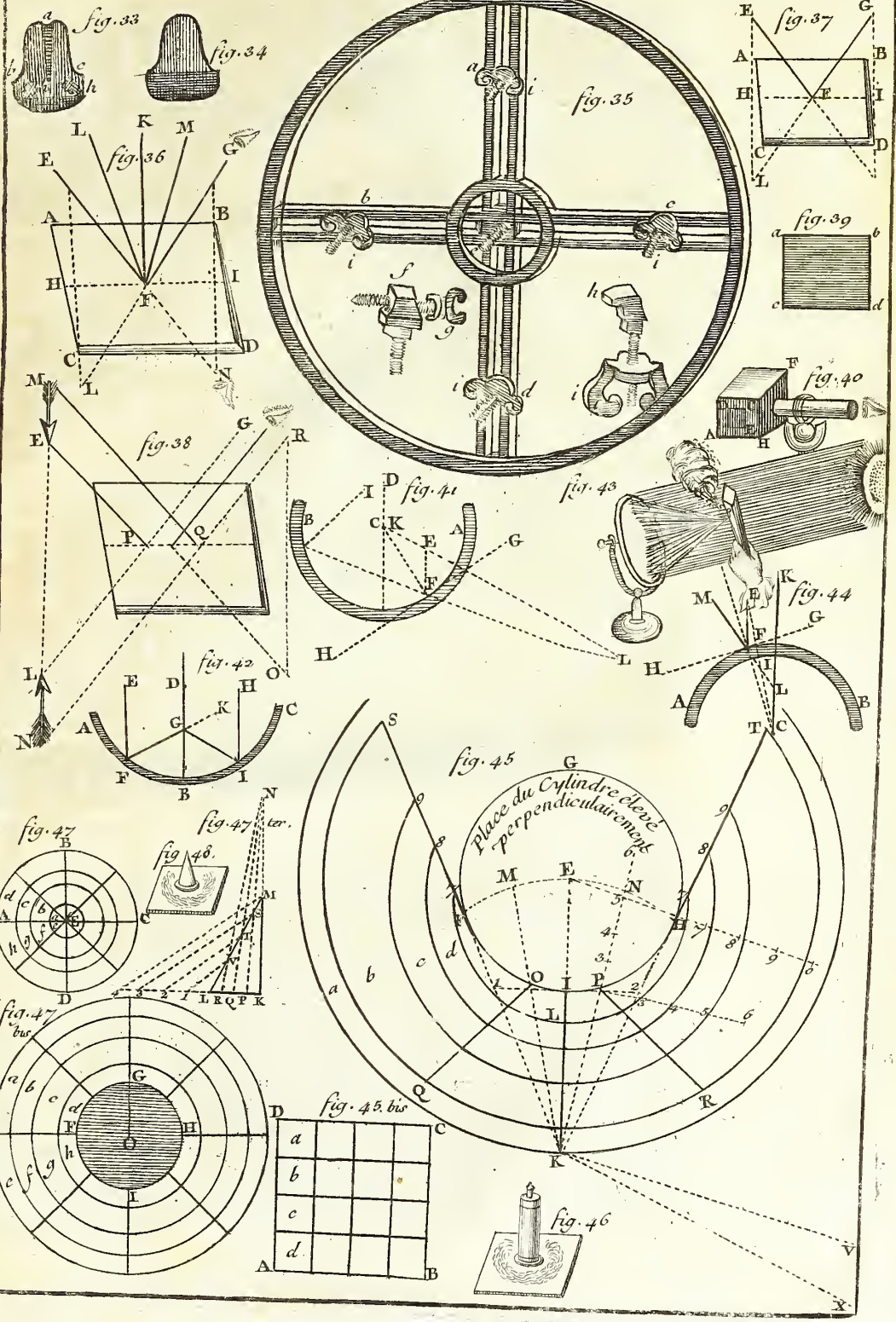


fig. 33
fig. 34
fig. 35
fig. 36
fig. 37
fig. 38
fig. 39
fig. 40
fig. 41
fig. 42
fig. 43
fig. 44
fig. 45
Place du Cylindre élevé perpendiculairement
fig. 45. bis
fig. 46
fig. 47
fig. 47 ter.
fig. 47 bis
fig. 48

On voit que quand l'œil eſt perpendiculaire au centre du cône, toute la conſtruction de la figure horiſontale roule ſur le principe général de la Catoptrique, au lieu que quand l'œil eſt ſuppoſé éloigné du cône, comme il eſt ordinairement du cylindre, & qu'on les regarde tous deux, c'eſt-à-dire, le cône & le cylindre, de la même maniére, il faut avoir recours aux obſervations 1, 2, 3, 4, 5, 6, ſur les miroirs convéxes & concaves.

Par les principes ci-deſſus, on peut encore faire des figures planes difformes pour être vûes par réflexion en leurs proportions dans des miroirs polygônes, plans, perpendiculaires, inclinés & de toute façon.

De la matiére des miroirs convéxes & concaves, ſphériques ou cylindriques, coniques & autres, & de la maniére de les achever.

LEs miroirs dont il s'agit peuvent être faits de verre étamé, comme le ſont ordinairement les glaces de Veniſe & autres; mais à cauſe des difficultés qui ſe préſentent dans le travail des verres d'une largeur & d'une épaiſſeur conſidérable, tels qu'ils doivent être pour ſervir aux uſages de la Catoptrique, on ſe contente de les faire d'un métail compoſé de maniére que nous l'apprenons des *Récréations Mathématiques* de M. Ozanam.

Il faut que le métail propre à la conſtruction des miroirs ſoit compoſé de huit parties de cuivre qui n'ait pas encore ſervi, mélangé avec deux parties d'étain d'Angleterre & cinq parties de marcaſſite : faites fondre le tout enſemble, & prenez au bout d'un fer chaud un peu de cette matiére fondue. Si étant refroidie elle paroît trop rouge, vous y mettrez un peu d'étain; mais ſi elle eſt trop blanche, vous y ajoûterez un peu de cuivre, juſqu'à ce qu'elle ait acquis une couleur convenable. Ou bien à dix parties de cuivre ajoûtez quatre parties d'étain d'Angleterre, un peu d'antimoine & de ſel armoniac; remuez cette matiére fondue avec une eſpatule, pour en faire ſortir une vapeur dangereuſe à reſpirer, & verſez cette matiére fondue dans le moule convenable.

Les moules pour recevoir le métail ci-deſſus ſe font ainſi. Choiſiſſez dans une ſabloniére deux pierres de grandeur convenable à votre deſſein, & creuſez groſſiérement dans une le moule du miroir que vous ſouhaitez faire; taillez l'autre de la convexité que vous voulez donner à votre miroir, juſqu'à ce que ces pierres s'emboëtent l'une dans l'autre.

Pour y réuſſir mettez entre ces deux moules ainſi taillés du ſable paſſé au crible & mouillé après; frottez ces moules l'un dans l'autre circulairement, s'ils ſont ſphériques, elliptiques, paraboliques ou coniques; ou en long, s'ils ſont cylindriques.

Quand ces deux moules s'emboëteront parfaitement, lavez-les pour en ôter tout le ſable. Enſuite pulvériſez de la boue deſſéchée, paſſez-la au tamis, détrempez-la dans de l'eau, & étant réduite en bouillie paſſez-la par un bluteau ou tamis : Prenez de la fiente de cheval & de la bourre que vous mêlerez avec cette maſſe pour en faire un même corps d'une certaine conſiſtance. Vous pourrez incorporer dans cette eſpéce de mortier, du pouſſier de charbon ou de la brique bien pilée & paſſée au crible. Après avoir étendu ce lut ſur une table, paſſez deſſus un rouleau de bois à pluſieurs repriſes juſqu'à ce que vous ayez donné l'épaiſſeur que vous voulez donner au miroir; ſuppoudrez ce lut ainſi étendu, de poudre de brique pilée,

afin qu'il ne s'attache point au moule, dont vous lui ferez prendre la figure en le mettant dans ce moule.

Quand ce lut ſera ſec, vous le frotterez de graiſſe ou de ſuif & le remplirez d'un couvercle de même lut; & quand ce couvercle de lut ſera ſec, vous ôterez le lut qui a la figure & l'épaiſſeur du miroir & qui occupe la place entre le moule de pierre & le couvercle de lut. Frottez enſuite le dedans du moule de pierre d'un compoſé de craie & de lait mêlés enſemble & remettez le couvercle dans ce moule, de ſorte qu'il laiſſe vuide la place, que le lut qui avoit la figure du miroir occupoit; pour cela vous ferez un rebord au couvercle qui s'appuiera ſur le bord du moule de pierre.

Nous ſuppoſons que vous ayez fait des reperes ou marques ſur le couvercle & ſur le moule de pierre, quand le lut étoit entre deux, pour placer le couvercle ſur le moule vuide, comme quand il étoit plein.

Enfin garniſſez & embraſſez de fils-de-fer le dehors du moule de pierre, & ménagez deux trous au rebord, l'un pour verſer le métail, & l'autre pour faire ſortir l'air à meſure que le métail en prendra la place. Noubliez pas d'enterrer ce moule ainſi diſpoſé ou de lier fortement le couvercle avec le moule; car autrement quand le métail fondu couleroit dans le moule, il enleveroit le couvercle.

On achevera le miroir de la même maniére qu'on polit les verres. Avec le même maſtic qui ſert à coller les verres, on attachera le miroir à une *molette*, qui, comme nous l'avons dit en parlant des lunettes, eſt une piéce de bois avec laquelle on travaille le verre des miroirs, ou au centre d'une roue horiſontale, comme nous avons dit des grands verres convéxes; puis ayant couvert la ſurface du moule de pierre, de ſable broyé & mouillé, on frottera le miroir dans ce moule. Quand le miroir ſera bien frotté, on retirera le grais du moule, cependant on frottera juſqu'à ce que le miroir paroiſſe propre à être poli; alors on laiſſera ſécher le moule rond de pierre, & quand il ſera ſec, on le couvrira d'un papier blanc, ſur lequel on mettra du tripoli & de la potée d'étain, & on frottera encore le miroir juſqu'à ce que la ſurface convéxe ſoit bien polie.

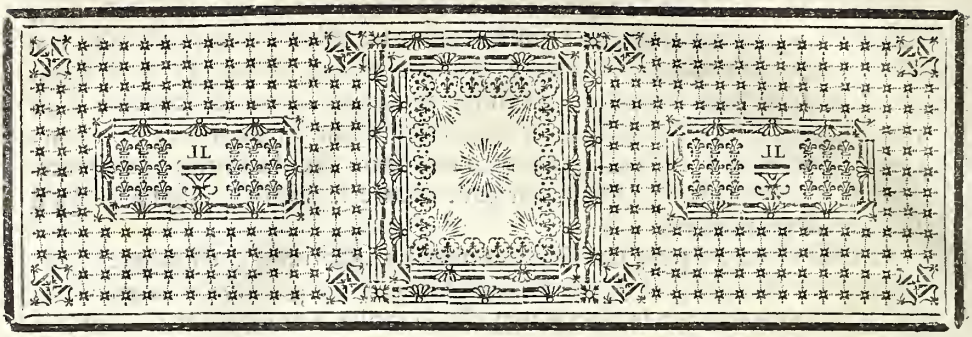
Maintenant pour travailler la ſurface concave, ayant ôté la molette ou la roue, & le maſtic qui les tenoit collés, affermiſſez bien ſur une table ſolide le miroir poſé ſur ſa convexité; & avec une eſpéce de balle d'Imprimerie compoſée de filaſſe bien ſerrée, mouillée & chargée de ſable ou de grais broyé, frottez avec force toute la concavité du miroir, en promenant également par tout la balle, de la circonférence au centre & du centre à la circonférence par pluſieurs circonvolutions. Quand il ſera tems ôtez le ſable de deſſus le miroir, lavez le miroir & la balle, & continuez encore de frotter de la même façon, juſqu'à ce que le miroir paroiſſe propre à être poli; alors eſſuyez bien le miroir, couvrez la balle de cuir ou de drap fin, que vous imbiberez d'eau & de potée d'étain ou de tripoli; frottez encore par circonvolution également & avec force par toute la ſurface concave, de la circonférence au centre & du centre à la circonférence, & même directement d'un bord à l'autre, appuyant également la balle par tout, juſqu'à ce que le miroir ſoit poli.

On pourroit travailler ſur le tour les ſurfaces convéxes & concaves du miroir, comme nous avons enſeigné ci-deſſus à travailler les baſſins avec le

ſecours d'une roue & de quatre tenons de la figure 35. Quand la concavité ſeroit finie, on retourneroit le miroir pour travailler la convexité. On poliroit même ces ſurfaces ſur le tour, leur préſentant, au lieu de l'outil trempé qui a ſervi à les éclaircir, un morceau de bois rond & couvert d'un cuir ou d'un drap imbibé d'eau & de potée d'étain ou de tripoli : on conduiroit ce poliſſoir de la circonférence au centre, & du centre à la circonférence, le preſſant également par tout contre le miroir, juſqu'à ce qu'il ſoit parfaitement poli.

C'eſt ainſi qu'on peut travailler les miroirs ſphériques, elliptiques, paraboliques & coniques ; mais les cylindriques ne peuvent être travaillés qu'en ligne directe par le frottement d'une molette & d'une balle imbibée de grais ; & enſuite de tripoli, ſelon qu'il convient, parce que ces miroirs ne ſont ordinairement que les moitiés d'un cylindre coupé dans ſa hauteur.

Fin du neuviéme & dernier Livre.



DESCRIPTION des principaux Outils dont on ſe ſert pour la Conſtruction des Inſtrumens de Mathématique.

LE principal outil & le plus néceſſaire eſt un gros Etau. Il a pluſieurs uſages, dont le principal eſt de tenir l'ouvrage pour le limer. Il faut que cet Etau ſoit bien limé, que les mords ſe joignent bien, qu'ils ſoient taillés en lime & d'une bonne trempe, & que la vis s'ajuſte comme il faut dans ſa boëte. On l'attache fortement à un Etabli, qui doit être ſcelé fixément en quelqu'endroit que ce ſoit.

On ſe ſert auſſi de petits Etaux à main, de différente groſſeur, ſuivant l'ouvrage qu'on veut limer.

L'Enclume ou Taſſeau ſert pour écrouir & dreſſer l'Ouvrage au marteau. Elle doit être d'acier trempé & bien unie & être placée ſur un gros billot de bois pour la maintenir à la place où elle eſt poſée.

Il y a des Taſſeaux d'établi qui ſervent à dreſſer & à river les petits ouvrages. A quelques-uns il y a d'un côté un bout qui eſt rond & qui va en pointe : il ſert à arrondir les viroles ; & de l'autre côté le bout eſt quarré & va auſſi en diminuant. On nomme cette ſorte de Taſſeau ou d'enclume, une *Bigorne*.

Les Scies à main ſont faites de maniére, qu'il y a une branche qui bande les feuillets de différentes épaiſſeurs & qu'on arrête par le moyen d'une vis & d'un écrou. Ces feuillets ſont des bandes de reſſort d'acier trempé, auſquelles on fait d'un côté des dents plus ou moins grandes ſelon leur deſtination.

Il eſt néceſſaire d'avoir de bonnes Limes. Celles d'Allemagne ſont les meilleures pour les rudes : pour les bâtardes & les douces, celles d'Angleterre ſont fort bonnes. On doit auſſi avoir de petites limes rudes & douces pour refendre, faites en triangle, en quarré, ainſi que des rondes, demi-rondes, &c. des Rapes pour dégroſſir le bois ; des Marteaux un peu gros à panne droite & à panne de travers, pour étirer, dreſſer & planir l'ouvrage. La *panne* d'un marteau eſt la partie oppoſée à la tête ; des petits marteaux d'établi pour river les clous ; des marteaux à tête ronde pour emboutir les piéces en rond, &c. *Emboutir* un métail, c'eſt le travailler ſur une *étampe*, c'eſt-à-dire, ſur un modéle ſur lequel on frappe ce métail pour en faire l'empreinte.

On a beſoin de *Filieres* doubles & ſimples : ce ſont des machines d'a-

cier percées de pluſieurs trous, par leſquels on fait paſſer les métaux pour les réduire en fils. Ces ſortes d'Outils ſervent encore à faire des vis, dont les pas ou filiéres & les tarauds ſoient de différente groſſeur & fineſſe. Les *Tarauds* ſont des rouleaux d'acier taillés en forme ſpirale, qui portent auſſi les mêmes pas, car chaque trou de filiere doit avoir ſon taraud.

Tenailles & pinces de pluſieurs façons : Ciſoires de différente grandeur pour couper le métail : Bruniſſoir pour polir l'ouvrage.

Des Forets d'acier de diverſe groſſeur pour percer les trous, dont un bout eſt limé en langue de chat, & l'autre en pointe : on s'en ſert de différente maniére. Il y en a qu'on met dans un tour à percer, qui eſt compoſé d'une moyenne barre de fer quarrée, de deux petites poupées qui portent une boëte à bobine, dans laquelle on place le Foret dans un trou quarré qui traverſe le corps de la boëte & qu'on fait tourner par le moyen d'un archet fait d'un bout de fleuret, qui eſt percé par le haut, dans le trou duquel on paſſe une corde à boyau. On met cet outil dans l'étau quand on veut s'en ſervir.

On perce encore d'une maniére qui eſt la plus uſitée, en mettant l'ouvrage dans l'étau & le Foret dans une *Bobine*, qui eſt ici une eſpéce de poulie de bois ou de cuivre. On applique le bout du Foret dans un petit creux qu'on a fait à une plaque de cuivre ou de fer, laquelle s'attache ſur une eſpéce de palette de bois appellée *Plaſtron*, parce qu'on l'appuie contre l'eſtomac ; & alors plaçant la pointe du Forêt à l'endroit qu'on veut percer, on fait tourner la bobine & le Forêt joints enſemble par le moyen de l'archet.

Le Tour eſt auſſi d'un grand uſage. Le plus ſimple eſt fait de deux *poupées* de cuivre ou d'acier, qui ſont des piéces égales en longueur & en groſſeur, qui coulent au long d'une barre de fer quarrée & d'un ſupport qui coule pareillement au long de ladite barre & qui ſert d'appui aux outils. Au haut des poupées ſont deux vis d'acier trempé qui les traverſent & qu'on arrête par le moyen d'un écrou. Pour ſe ſervir de ce Tour, on le place dans l'étau & on met l'ouvrage qu'on veut tourner entre les deux pointes de vis. Quand on veut tourner à la main, on ſe ſert d'un archet fait d'un fleuret mince, dans le bout duquel on paſſe une corde à boyau ou de fouet.

Les grands Tours à tourner au pied, ſont compoſés de deux pouces de bois & de deux jumelles ou couliſſes auſſi de bois, de la longueur & groſſeur proportionnée au Tour. Elles ſont ſoutenues par deux piéces de bois qu'on nomme *les pieds du Tour*. Les *couliſſes* ſont poſées de niveau, & diſtantes l'une de l'autre de deux à trois pouces, ſuivant la groſſeur des poupées qui doivent ſe mettre entre deux. Ces couliſſes ſont aſſemblées par les bouts ſur des ſupports, qui ont environ 4 pieds de hauteur, & ſont aſſemblées en bas dans deux autres piéces de bois poſées de travers, pour rendre la machine plus ſtable & plus ſolide.

Une partie de ces poupées doit être entaillée pour ſe mettre entre les deux couliſſes ; le reſte (qui eſt la tête de la poupée & qui eſt coupé quarrément) poſe ſolidement deſſus la couliſſe ; & afin qu'elles ſoient plus fermes, il y a des clefs de bois que l'on fait entrer à coups de maillet dans des mortoiſes, qui ſont au bas des poupées au-deſſous de la couliſſe.

Au haut de chaque poupée eſt une pointe d'acier ſolidement trempé la-

quelle eſt enclavée dans le bois : Les deux pointes doivent être ſi juſtement placées, qu'elles ſe touchent dans un même point, quand on les approche l'une de l'autre.

Il y a auſſi une barre de bois, qui va tout du long & qui eſt ſoutenue par les bras des poupées, qui s'approchent & s'éloignent comme on veut. Cette barre ſert d'appui pour les outils lorſqu'on travaille.

Contre le plancher & au-deſſous du Tour eſt une perche diſpoſée en arc, au bout de laquelle eſt une corde qui deſcend juſques à terre & qui s'attache au bout d'une piéce de bois qu'on nomme le *Marche-pied*.

Quand on veut travailler, on tourne la corde autour de la piéce qu'on veut tourner, ou d'un mandrin qui lui eſt ajuſté. Ce *mandrin* eſt une poulie de bois entre laquelle les Ouvriers font tenir les ouvrages délicats, qui ne peuvent être tournés entre deux pointes. En appuyant le pied ſur la marche, on fait tourner l'ouvrage par le moyen de la perche ou de l'arc qui fait reſſort ; puis avec des outils propres aux ouvrages qu'on appuie ſur le ſupport & qu'on poſe contre les piéces qu'on veut tourner, on les dégroſſit d'abord avec des outils, & enſuite on les finit avec d'autres plus délicats.

Comme toutes ſortes d'ouvrages ne ſe peuvent pas tourner entre deux pointes, qu'il les faut ſouvent tourner en l'air, on ôte une des poupées, & l'on met à ſa place une piéce de bois garnie de fer (qu'on nomme *Lunette*) qui s'ajuſte dans les couliſſes de même que les poupées ordinaires leſquelles couliſſes au lieu de pointe ont un trou bien rond, dans lequel on fait entrer le collet d'un arbre de fer, dont l'autre bout eſt ſoutenu par la pointe de l'autre poupée.

Cet arbre a 15 ou 18 pouces de longueur & eſt compoſé de façon, qu'il y a au bout (appuyé contre la lunette) une vis d'un fort gros pas, ſur lequel on monte à vis différentes boëtes de cuivre, dans leſquelles on fait tenir fermes des morceaux de bois, ſervans à placer les différentes piéces qu'on veut tourner. A l'autre bout de l'arbre on fait pluſieurs pas de vis de différentes groſſeurs & fineſſes, afin de pouvoir faire des vis ſur le Tour aux ouvrages.

Environ au milieu de cet arbre eſt un mandrin, autour duquel eſt la corde. Pour que cet outil ſoit bien juſte & bien dreſſé, il eſt néceſſaire qu'il ſoit fait ſur le Tour.

On peut rapporter ſur cet arbre pluſieurs autres piéces pour former ſur le Tour des figures irréguliéres, comme les ovales, les roſes, les cœurs, les godrons, les colomnes torſes, &c. Toutes ces piéces ſont limées de la figure qu'on veut qu'elles faſſent : elles ont un trou quarré au milieu qu'on ajuſte à un quarré qui eſt vers le bout de l'arbre.

Quand les piéces ſont diſpoſées dans l'arbre, on met ſon bout qui eſt en pointe, dans un petit trou qui eſt à la poupée, & l'autre bout eſt paſſé dans la lunette, faite de maniére qu'il y a deux piéces qui font reſſort, leſquelles en appuyant & repouſſant la figure, font par ce moyen avancer ou reculer l'arbre plus ou moins ſelon la figure : & c'eſt ce qui fait que l'outil de celui qui travaille donne la forme à l'ouvrage, qui s'en approche ou s'en éloigne, ſelon que l'arbre approche ou recule de ſa rencontre ; car il faut toujours tenir l'outil ferme ſur l'appui. Comme on ne ſe ſert pas ordinairement de ces ſortes de figures pour les Inſtrumens de Marhémati-

que, nous ne nous étendrons pas davantage ſur cette maniére de tourner.

Le principal uſage de cet arbre eſt de ſervir à tourner des cercles en l'air, à faire des rainures dans les bouſſoles, & autres choſes ſemblables. Cela ſe fait en plaçant les piéces qu'on veut tourner ſur le bois qui tient aux boëtes dont nous avons parlé ci-devant, & qu'on ajuſte ſur le Tour pour recevoir leſdites piéces.

Les appuis ou ſupports ſont auſſi diſpoſés ſuivant l'ouvrage qu'on veut faire, les uns ſur le devant, & les autres ſur le côté.

A l'égard des Vis, elles ſe forment en dedans comme en dehors de l'ouvrage, en faiſant entrer le pas qu'on ſouhaite, dans une piéce de bois taraudée du même pas & qu'on place à la poupée qui porte le bout de l'arbre. On ajuſte à cette poupée autant de piéces taraudées qu'il y a de pas au bout dudit arbre. L'autre bout de l'arbre, où eſt un collet d'une même groſſeur, entre juſte dans le trou de la lunette ; alors appuyant avec le pied ſur la marche, cela fait avancer ou reculer l'ouvrage, de maniére que l'on forme la vis ou l'écrou avec des fers à pluſieurs dents que l'on fait exprès, ſuivant les pas marqués ſur l'arbre.

Pour les outils à tourner, on ſe ſert pour le bois, de Gouges, de Ciſeaux, de Becs-d'âne, &c.

Pour le cuivre ou autres métaux, on ſe ſert de plus petits outils faits de bon acier trempé, comme gros burins pour dégroſſir l'ouvrage, des plates-bandes, d'autres pour faire des gorges rondes & des gorges quarrées, des fers crochus, des outils dentelés par le bout, d'autres dentelés par le côté pour former les vis, &c.

Voilà les principaux outils, qui avec ceux dont nous avons parlé dans le corps de cet Ouvrage, ſont les plus communément employés. On pourra facilement ſuppléer aux autres, ſuivant le beſoin qu'on en aura.

Comme la plûpart de ces Outils doivent être faits par ceux qui s'en ſervent, nous allons donner la maniére de bien choiſir le métail propre à leur conſtruction.

Le meilleur acier pour faire les outils vient d'Allemagne. Pour être bon il doit être ſans pailles, ſans veines noires & ſans fourrures de fer ; ce qu'on pourra connoître en le caſſant, & voyant ſi le grain eſt bien fin & bien égal.

Il faut prendre garde en forgeant les outils ou autres choſes qui ont beſoin d'être recuites au feu, de ne pas brûler ni ſurchauffer l'acier ; mais avoir ſoin de le forger avec le plus de promptitude qu'il ſera poſſible, car plus l'acier eſt mis au feu, plus il ſe gâte & ſa qualité s'altére.

Après que les outils ont été forgés & limés, il s'agit de les tremper. Pour cet effet on les fait rougir dans le feu un peu plus que la couleur de ceriſe, après quoi on les trempe dans de l'eau de fontaine ou de puits ; la plus froide eſt la meilleure. On ne retire l'outil qu'après qu'il eſt froid, & on lui donne un peu de recuit, c'eſt-à-dire qu'on le met auſſi-tôt ſur une piéce de fer chaud, juſqu'à ce que la blancheur qu'il a contractée par la trempe, vienne à ſe perdre en devenant de couleur jaunâtre, & alors on rejette promptement l'outil dans l'eau, ſans attendre qu'il devienne bleu, parce qu'il perdroit ſa force.

Pour tremper les limes en paquet & autres piéces que l'on fait de fer, on prend de la ſuie de cheminée, la plus dure & la plus groſſe, qu'on

met en poudre bien fine & qu'on fait tremper dans l'urine & du vinaigre, y ajoûtant un peu de ſel fondu pour la rendre comme une pâte liquide.

Après que l'on a détrempé la ſuie, on en couvre les outils, en faiſant un paquet du tout, que l'on couvre en uite de terre; on met le tout chauffer dans un feu ardent de charbon de bois, & quand il eſt un peu plus rouge que la couleur de ceriſe, on le jette dans quelque vaiſſeau plein d'eau très-froide, ce qui rend l'ouvrage ſuffiſamment dur.

Nous avons ci-devant enſeigné la maniére de ſouder le cuivre ou l'argent : nous ajoûterons ici que le fer ſe peut auſſi ſouder avec lui-même, ce qui s'appelle *braſer* : Et pour cet effet on met ſur la piéce qu'on veut braſer, du laiton fort mince avec du borax en poudre par-deſſus; puis couvrant entiérement la piéce de charbon, on la fait chauffer juſqu'à ce que l'on voye fondre & couler le laiton, & alors la braſure eſt faite.

Nous avons donné la maniére de faire la ſoudure d'argent & celle de cuivre. On en fait une avec de l'étain, qu'on met en groſſe limaille avec une rappe, dans laquelle on mêle une ſixiéme partie de ſel armoniac, avec de l'huile d'olive. Cette ſoudure eſt fort coulante & eſt bonne pour les ouvrages qu'on ne veut pas trop chauffer.

Il eſt bon d'avertir qu'on ne doit pas battre ni forger le laiton jaune étant chaud, car il ſe caſſe. A l'égard du cuivre rouge, il ſe bat à chaud & à froid; mais on ne s'en ſert guére dans la fabrique des Inſtrumens de Mathématique, le cuivre jaune étant plus beau & plus propre pour ces ſortes d'ouvrages.

Le laiton ſe fait avec le cuivre rouge & la *calamine*, qui eſt une pierre qui donne la teinture jaune au métail; elle ſe trouve en France & au pays de Liége.

L'or & l'argent ſe battent & ſe forgent à chaud & à froid. Ils ſe fondent auſſi à peu près comme le cuivre, mais pour dégraiſſer & ſéparer l'ordure de la limaille, on la met dans le creuſet avec environ une dixiéme partie de ſalpêtre.

Les Inſtrumens de Mathématique ſe travaillent avec l'or & l'argent de la même maniére qu'avec le laiton.

F I N.

TABLE

TABLE

DES LIVRES, CHAPITRES ET SECTIONS Contenus en ce Traité.

Definitions néceſſaires pour l'intelligence de ce Traité, Page 1

Des Inſtrumens les plus conſidérables.

LIVRE PREMIER.

Chapitre I. De la conſtruction & des uſages du Compas, de la Régle, du Tire-ligne & du Porte-crayon, 7
Chap. II. De la conſtruction & des uſages de l'Equerre, 20
Chap. III. De la conſtruction & des uſages du Rapporteur, 21

Du Compas de proportion.

LIVRE SECOND.

Chapitre I. De la conſtruction du Compas de proportion, 24
Section I. De la ligne des parties égales, 25
Section II. De la ligne des Plans, 26
Section III. De la ligne des Polygônes, 28
Section IV. De la ligne des Cordes, 30
Section V. De la lignes des Solides, 32
Section VI. De la ligne des Metaux, 33
Section VII. Des preuves des diviſions des ſix lignes, 34
Chapitre II. Des uſages du Compas de proportion, 37
Section I. Des uſages de la ligne des parties egales, ibid.
Section II. Des uſages de la ligne des Plans, 40
Secton III. Des uſages de la ligne des Polygônes, 43
Section IV. Des uſages de la ligne des Cordes, 44
Section V. Des uſages de la ligne des Solides, 46
Section VI. De la conſtruction & des uſages de pluſieurs ſortes de jauges, 52
Des différentes meſures pour le vin, les liqueurs, les grains, &c. 58
Section VII. Des uſages de la ligne des Métaux, 59

De pluſieurs autres Inſtrumens qui ſervent au Cabinet.

LIVRE TROISIE'ME.

Chapitre I. De la conſtruction & des uſages de differens Compas, 63
Du Compas à pince, ibid.

Du Compas à l'Allemande, 64
Du Compas à reſſort, & du Compas d'Horlogeur, 65
Du Compas à trois branches, & du Compas à cartes marines, 66
Du Compas de réduction ſimple, ibid.
Du Compas de réduction à tête mobile, 67
Du Compas à couliſſe, & du Compas à tracer les Eclipſes ou ovales, 69
Du Compas d'épaiſſeur & à répéter les groſſeurs, & du Compas ſphérique. 70
Chap. II. *Conſtruction & uſages de pluſieurs autres Inſtrumens*, 71
Conſtruction du Porte-crayon à compas, & du Porte-crayon à couliſſe, ibid.
Conſtruction & uſage de la plume ſans fin, & d'une pince à tenir le papier, 72
Conſtruction du Pantographe, 73
Conſtruction du Carat, pour connoître le poids des perles, 74
Conſtruction de l'Equerre fixe, de l'Equerre pliante, & du Pied à niveau, 75
Conſtruction du pied de Roi & de differentes meſures étrangeres, 76
Conſtruction des Régles parallétes, 77
Conſtruction du Pédométre ou Compte-pas, 79
Conſtruction de la Platte-forme pour diviſer & fendre les roues des Horloges, 80
Conſtruction des armures des pierres d'aimant : maniere de tailler leſdites pierres pour les armer, &c. 82
Deſcription des armures, 85
Pluſieurs expériences que l'on fait avec les pierres d'aimant, 86
Conſtruction d'un aimant artificiel, 89
Conſtruction du peſon à reſſort, ibid.
Conſtruction du peſon à fleau, 90
Rapports du poids de Paris à ceux des Pays étrangers, 91
Conſtruction d'une Mouffle, ibid.
Conſtruction de la Canne à vent, 92
Conſtruction & uſage de l'Eolipile, 93
Conſtruction & uſage du Microſcope à liqueur, ibid.
Conſtruction d'un autre Microſcope à liqueur & autres petits objets, 94
Conſtruction & uſage d'un Microſcope à un verre, 95
Conſtruction & uſages d'un Microſcope à trois verres, 96

De la conſtruction & des uſages des Inſtrumens qui ſervent à la campagne.

LIVRE QUATRIE'ME.

Chapitre I. *Deſcription & uſages des Piquets, des Cordeaux, de la Toiſe, & de la Chaîne*, 98
Tables des angles plans toujours compris par 2 côtés de 30 pieds avec leurs uſages, 104
Chap. II. *Conſtruction & uſages de l'Equerre d'Arpenteur*, 111
Chap. III. *Conſtruction & uſages de differens Récipiangles*, 114
Chap. IV. *Conſtruction & uſages de differentes Planchettes & de l'Inſtrument univerſel*, 116
Conſtruction d'une autre Planchette moins compoſée, & de ſes uſages, 120
Conſtruction & uſages de la Planchette ronde, 123
Conſtruction des pieds à poſer les inſtrumens en campagne, 125

Chap. V. *Conſtruction & uſages du Quart-de-cercle, du Quarré géometrique & du Treillis tracé deſſus*, 126
Uſages du Quart-de cercle avec deux pinules & un plomb, 129
Chap. VI. *Conſtruction & uſages du Graphométre ou Demi-cercle*, 139
Maniére de lever la carte d'un pays, 145
Chap. VII. *Conſtruction & uſages de la Bouſſole*, 146
Pour lever le plan d'une forêt, d'un marais ou d'un chemin avec ſes détours, 149
Chap. VIII. *Uſages de ces Inſtrumens, appliqués à la Fortification des places*, 151
Noms des Lignes & Angles qui forment un plan, 152
Maximes fondamentales de la Fortification, ibid.
Tracer ſur le papier un plan ſuivant la méthode du Comte de Pagan, 153
Tracer le profil d'une Place fortifiée, 154
Tracer le plan d'une Fortification ſur la terre, 156
De la conſtruction des Dehors d'une Place, 157
Méthode pour fortifier les Places par Mr le Maréchal de Vauban, 160
Méthode pour toiſer les ouvrages de Fortification, 161

De la conſtruction & des uſages, tant de différens niveaux pour la conduite des eaux, que de divers inſtrumens ſervans à l'Artillerie.

LIVRE CINQUIE'ME.

Chapitre I. *Conſtruction du Niveau à l'eau*, 164
Conſtruction du Niveau d'air monté à pinules, 165
Conſtruction d'un niveau à plomb & à lunette, 167
Conſtruction du Niveau de Mr Huygens, 168
Conſtruction d'un autre Niveau, 169
Chap. II. *Uſages des Inſtrumens à niveller*, 170
Table qui montre les corrections des points de Niveau apparent, pour les réduire au vrai Niveau, ſuivant les différentes diſtances, 171
Différentes maniéres de rectifier les Niveaux, & pratique du nivellement, 172
Chap. III. *Conſtruction de la jauge, pour le partage des eaux*, 175
Table des dépenſes d'eau par differens ajutoirs aux differentes hauteurs des réſervoirs, 177
Chap. IV. *Conſtruction & uſages des Inſtrumens ſervans à l'Artillerie*, 178
Conſtruction du Compas de calibre, ibid.
Conſtruction de l'Equerre des Canoniers, 179
Table des poids & diamétre des boulets de fer & des calibres des piéces, 180
Du Compas à pointes courbes, ibid.
Conſtruction de l'Inſtrument à pointer les canons & les mortiers, 181
Du pied à Niveau pour l'Artillerie, ibid.
Conſtruction & uſage d'un autre inſtrument pour calibrer les Mortiers, les Canons & les Fuſils; pour connoître le diamétre des Bombes, le poids des Boulets de fer, & le diamétre des balles de plomb, ibid.
Explication ſur l'effet du Mortier & du Canon, 183
Table des Sinus ſervans au jet des Bombes, 186

De la conſtruction & des uſages des Inſtrumens qui ſervent à l'Aſtronomie.

LIVRE SIXIE'ME.

Chapitre I. *De la conſtruction & des uſages du Quart-de-cercle Aſtronomique*, 187
Des Lunettes de longue vûe, 191
Methode pour éprouver la poſition des Lunettes de longue vûe, 196
De la Régle mobile du Quart-de-cercle, 198
Chap. II. *Deſcription d'un Octans & de quelques autres Inſtrumens ſervans à l'Aſtronomie*, 199
Remarque ſur la verification des Lunettes de cet Inſtrument, 203
Deſcription de la machine Parallactique, ibid.
Deſcription d'un pied pour porter de grandes Lunettes ou Téleſcopes, 205
Diverſes méthodes pour décrire la ligne Méridienne & placer un Gnomon, 206
Deſcription d'un inſtrument pour prendre la hauteur du Soleil, & pour ſervir à décrire la Méridienne, 209
Chap. III. *Conſtruction de differens Micrométres*, 210
Uſages du Micrométre, 212
Deſcription & uſage d'un autre Micrométre ou Réticule univerſel, 218
Chap. IV. *Maniere d'obſerver les Aſtres*, 219
Maniére d'obſerver la hauteur méridienne des Aſtres, 221
Des refractions, 222
Maniére de trouver par obſervation le tems de l'Equinoxe & du Solſtice, 224
Obſervations faites à l'Obſervatoire pour avoir la hauteur du Pôle, &c. 226
Obſervations de l'Etoile pôlaire, ibid.
Maniére de trouver la difference d'aſcenſion droite entre une étoile fixe ou une Planete & le Soleil, 227
Maniére d'obſerver les Eclipſes, ibid.
Chap. V. *Conſtruction d'une Machine qui montre les Eclipſes tant du Soleil que de la Lune, les Mois & les Années avec les Epactes*, 234
Maniére de faire les diviſions ſur les Platines, 236
Uſage de cette Machine, 237
Trouver par le calcul ſi une Nouvelle ou Pleine-Lune ſera écliptique, 239
Chap. VI. *Deſcription d'une Pendule à ſecondes à grandes vibrations, à roue de rencontre, à poids & à contre-poids, allant 30 heures*, 240

De la conſtruction & des uſages des Inſtrumens qui ſervent à la Navigation.

LIVRE SEPTIE'ME.

Chapitre I. *Conſtruction & uſages de la Bouſſole marine*, 250
Deſcription & uſage d'une Bouſſole qui ſe ſuſpend au plan ber, 253
De la variation ou declinaiſon de l'Aimant, ibid.
Trouver la variation de l'Aiguille aimantée, 254

Tables de la déclinaiſon du Soleil pendant neuf années, & la manière de réduire ces Tables pour tous les autres pôles & les différens Méridiens, 257
Tables de la déclinaiſon des principales Etoiles, 261
Table abregée des Amplitudes ortives & occaſes des Aſtres, 263
Table des Sinus, Tangentes, Sécantes & Logarithmes, 266
Table abregée des Logarithmes, des nombres naturels & la manière de la continuer, 267
Chap. II. *Conſtruction & uſage des Inſtrumens pour obſerver les Aſtres*, 268
De l'Aſtrolabe de mer, & de ſes uſages, ibid.
Conſtruction & uſage de l'Anneau, 268
Conſtruction & uſages du Quart-de-cercle, & de l'Arbaleſtrille, 269
Table pour diviſer les marteaux de l'Arbaleſtrille & uſage de cet Inſtrument, 271
Table des élévations de l'œil ſur l'Horiſon pour rectifier les obſervations obſervées, 273
Conſtruction & uſage du Quartier Anglois, 274
Conſtruction & uſage du demi-cercle, 275
Remarques ſur les différentes maniéres de prendre hauteur, ibid.
Table des Réfractions des Aſtres, ibid.
Par la hauteur des Aſtres trouver la Latitude du lieu où l'on eſt, 276
Chap. III. *Conſtruction & uſages des Inſtrumens néceſſaires à connoître par eſtime le chemin d'un vaiſſeau*, 277
De l'Horloge de Mer & de ſes uſages, ibid.
Du Loch & de ſon uſage, 279
Chap. IV. *Conſtruction du Quartier-de-réduction*, ibid.
Table des lieues d'un dégré de longitude ſur chaque parallèle, 282
Exemples de Navigation ſimple & compoſée par le Quartier-de-réduction, 284
Corrections à faire dans toutes les Navigations ſur le Compas de route, 291
Corrections à faire ſur l'eſtime, 292
Chap. V. *Des Cartes Hydrographiques ou marines*, 295
De la Loxodromie, ibid.
Des Cartes réduites, 296
Table des parties de latitudes croiſſantes de 10 en 10 minutes, 298
Exemples de Navigation par le Cartes réduites, 299
Pratique des Cartes à la rade & à la vûe des côtes, 303
Des Loxodromies, ibid.
Table de la troiſiéme Loxodromie, 306
Exemples de Navigation par les Loxodromies, 307
Des Marées ou flux & reflux de la mer, 309
Tables du retardement des Marées en différens Ports, 310
Du Journal de Navigation, 311

De la conſtruction & des uſages des Cadrans Solaires, Lunaires & aux Etoiles.

LIVRE HUITIE'ME.

Obſervations préliminaires, 312
Chap. I. *Des Cadrans réguliers & irréguliers qui ſe tracent ſur des plans & des corps de differentes figures*, 314
Conſtruction des Cadrans qui ſe tracent ſur un Dodécaëdre, 315

Conſtruction du Cadran Horiſontal, 316
Conſtruction du Cadran vertical ſans déclinaiſon, 317
Conſtruction du Cadran Pôlaire, 318
Conſtruction du Cadran Equinoxial, 320
Conſtruction des Cadrans orientaux & occidentaux, ibid.
Conſtruction des Cadrans Verticaux déclinans, 321
Par deux points d'ombre obſervés ſur un Plan, y tracer une Souſtylaire, 324
Par quelques points d'ombre obſervés ſur un Plan vertical, y tracer l'Equinoxiale, 325
Par un point d'ombre obſervé à Midi ſur un plan vertical, y faire un Cadran, 326
Conſtruction des Cadrans inclinés ſans déclinaiſon, ibid.
Conſtruction des Cadrans déclinans & inclinés, 328
Conſtruction des Cadrans par le calcul des angles, 330
Table des arcs Horaires avec la Méridienne au centre d'un Cadran Horiſontal, 332
Tracer par le calcul de la Trigonométrie les principales lignes d'un Cadran vertical déclinant, ibid.
Application des régles précédentes pour un vertical déclinant de 45 dég. du Midi à l'Occident & de 49 dég. de Latitude, 334
Méthode pour connoître la déclinaiſon d'un mur vertical par le calcul de la Trigonométrie, & par quelques points d'ombre obſervés, 335
Opération par les Logarithmes, 338
Méthode de Mr de la Hire, pour tracer les Cadrans ſur toute ſorte de ſurface, 340
Chap. II. *Conſtruction & uſage du Déclinatoire & Inclinatoire*, 342
Chap. III. *Conſtruction & uſages des Inſtrumens pour marquer ſur les Cadrans les arcs des ſignes, les arcs diurnes, &c.* 345
Du Trigône des ſignes, ibid.
Table des déclinaiſons du Soleil en tous les dégrés de l'Ecliptique, 346
Du Trigône des arcs diurnes & nocturnes, 347
Du Trigône avec une alidade, 348
Pour tracer les Arcs des ſignes ſur les Cadrans Pôlaires, 351
Méthode générale pour tracer ſur tous les Cadrans les Heures Italiques & Babyloniques, 352
Table pour trouver les Heures Babyloniques & Italiques, 354
De la maniére de tracer les Almucantaras & les Azimuths, ibid.
Méthode pour marquer les Méridiens, 355
Chap. IV. *Conſtruction des Inſtrumens propres à tracer les Cadrans ſur différens plans*, 356
Conſtruction & uſage d'un Cadran Horiſontal mobile, 357
Conſtruction & uſage du Sciatére, 360
Conſtruction du Sciatere du P Pardies, 361
Chap. V. *De la conſtruction & des uſages des Cadrans portatifs & autres*, 363
Conſtruction du Globe, ibid.
Conſtruction & uſage du Demi-cylindre concave & convéxe, 366
Du Cylindre vertical mobile, 367
Table des hauteurs du Soleil dans toutes les Heures du jour pour 49 dég. 368
Conſtruction du Cadran vertical ſur un plan développé, ibid.
Conſtruction d'un Cadran tracé ſur un Quart de-cercle, 370

Conſtruction d'un Cadran rectiligne particulier, 371
Conſtruction d'un Cadran rectiligne univerſel, 372
Conſtruction d'un Cadran Horiſontal pour pluſieurs élévations, 373
Conſtruction d'un Cadran à Anneau, 375
Décrire les Heures ſur une autre ſorte d'Anneau, ibid.
Conſtruction de l'Anneau ou du Cadran Aſtronomique univerſel, 377
Conſtruction d'un Anneau Aſtronomique à trois cercles, 378
Conſtruction d'un Cadran Horiſontal incliné & d'un Equinoxial, 379
Conſtruction d'un Cadran Azimutal, 381
Table des Verticaux du Soleil depuis le Méridien pour 49 dég. 382
Méthode pour dreſſer leſdites Tables pour telle Latitude qu'on voudra, ibid.
Conſtruction d'un Cadran Horiſontal qui s'oriente par lui-même, 386
Conſtruction d'un Cadran Horiſontal Analémmatique, 387
Conſtruction d'un Cadran Pôlaire oriental & occidental Univerſel, 389
Conſtruction d'un Cadran horiſontal portatif, 390
Chap. VI. *Conſtruction & uſages des Cadrans Lunaires & aux Etoiles*, 392
Conſtruction d'un Cadran Horiſontal Lunaire, ibid.
Conſtruction d'un Cadran pour connoître l'Heure aux Etoiles, 394
Chap. VII. *Conſtruction d'une Horloge à l'eau*, 396
Conſtruction du Tambour, 398
Chap. VIII. *Conſtruction d'un Cadran pour connoître les vents ſans ſortir de ſa chambre*, 400
Conſtruction d'un Anémométre pour connoître la force des vents, 401

De la conſtruction de pluſieurs Inſtrumens de Mathématique, de Phyſique & de machines différentes qui ont rapport à ce Traité.

LIVRE NEUVIE'ME.

Chapitre I. *Conſtruction du Compas pour tracer les grandes circonférences de cercle*, 403
Chap. II. *Des Machines Hydrauliques*, 404
Conſtruction d'une Roue propre à élever l'eau, ibid.
Conſtruction & uſage d'un Chapelet propre à élever de l'eau, 405
Conſtruction d'une Pompe aſpirante. 406
Conſtruction d'une Pompe foulante, ibid.
Conſtruction d'une Pompe aſpirante & refoulante tout enſemble, 407
Conſtruction d'une Pompe continuelle, ibid.
Chap. III. *Conſtruction d'un Chaſſis à deſſiner des vûes*, 408
Conſtruction d'un autre Chaſſis ſervant à deſſiner ſans ſçavoir le deſſein, 409
Conſtruction d'un œil artificiel & d'une chambre obſcure portative, 410
Principes d'Optique, de Perſpective, de Dioptrique & de Catoptrique, 412
Exemples de Perſpective, 413
Des corps propres à rompre les rayons de lumiere & de la réfraction de ces rayons, 415
Obſervations ou conſéquences de la Dioptrique, relativement aux verres ſphériques, ibid.

Conſtruction des Téleſcopes ou Lunettes de longue-vûe, 417
Table de proportions des verres oculaires aux objectifs, 420
Des Lunettes à 4 verres convéxes, 421
Conſtruction du Microſcope, 422
De la propriété des verres convéxes, 423
Des verres à facettes, 425
De la qualité des verres, & des inſtrumens néceſſaires pour les travailler, ibid.
Des corps propres à réfléchir les rayons de lumiére & des effets de cette réflexion, 428
Obſervations ſur les miroirs plans, ibid.
Des Miroirs Sphériques, Cylindriques, Coniques, concaves & convéxes, 430
Obſervations ou conſéquences tirées du principe de la Catoptrique, ſur les miroirs ſphériques, cylindriques & coniques, 431
Maniére de tracer des Tableaux pour décrire des figures difformes qui paroîtront belles, 438
De la matiére des miroirs convéxes & concaves, ſphériques ou cylindriques, coniques & autres, & de la maniere de les achever, 441
Deſcription des principaux outils qui ſervent à la conſtruction des Inſtrumens de Mathématique, 444

Fin de la Table.

APPROBATION.

J'Ai lû par ordre de Monſeigneur le Chancelier deux Livres qui ont pour titres: *Traité de la Conſtruction & des principaux Uſages des Inſtrumens de Mathématique*, & *L'Uſage des Globes ;* compoſés par M. BION, Ingénieur pour les Inſtrumens de Mathématique : ces Ouvrages ſont très-utiles, & le nombre des Editions qu'on en a faites prouve qu'ils ont été trés-agréables au Public. Fait à Montpellier ce 22 Février 1751. PITOT.

PRIVILÉGE DU ROY.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre : A nos amés & féaux Conſeillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand-Conſeil, Prevôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils & autres nos Juſticiers qu'il appartiendra, SALUT. Notre amé le Sr BION, Nous a fait expoſer qu'il déſireroit faire réimprimer & donner au Public, des Livres qui ont pour titres : *Traité de la Conſtruction & des principaux Uſages des Inſtrumens de Mathématique par le Sr Bion. Uſages des Globes par le même. Traité des Aſtrolabes, & les Planches pour la conſtruction des Globes & Sphères*, s'il Nous plaiſoit lui accorder nos Lettres de privilége pour ce néceſſaires. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter l'Expoſant, Nous lui avons permis & permettons par ces Préſentes, de faire réimprimer leſdits Livres en un ou pluſieurs volumes, & autant de fois que bon lui ſemblera, & de les vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le tems de dix années conſécutives, à compter du jour de la date des Préſentes ; faiſons défenſes à tous Imprimeurs, Libraires, & autres perſonnes de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'impreſſion étrangere dans aucun lieu de notre obéiſſance ; comme auſſi d'imprimer ou faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire leſdits Livres, ni d'en faire aucuns Extraits ſous quelque prétexte que ce ſoit, d'augmentation, correction, changement ou autres, ſans la permiſſion expreſſe & par écrit dudit Expoſant ou de ceux qui auront droit de lui, à peine de confiſcation des Exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des contrevenans, dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, & l'autre tiers audit Expoſant ou à celui qui aura droit de lui, & de tous dépens, dommages & intérêts. A la charge que ces Préſentes ſeront enregiſtrées tout au long ſur le Regiſtre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris dans trois mois de la date d'icelles ; que la réimpreſſion deſdits Livres ſera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en bon papier & beaux caractères, conformément à la feuille imprimée, attachée pour modéle ſous le contre-ſcel des Préſentes ; que l'Impétrant ſe conformera en tout aux Réglemens de la Librairie, & notamment à celui du dix Avril 1725 ; & qu'avant de les expoſer en vente, les imprimés qui auront ſervi de copie à la réimpreſſion deſdits Livres, ſeront remis dans le même état où l'approbation y aura été donnée, ès mains de notre très-cher & féal Chevalier Chancelier de France le Sieur DELAMOIGNON, & qu'il en ſera enſuite remis deux Exemplaires de chacun dans notre Bibliothéque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, & un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier Chancelier de France le Sieur DE LAMOIGNON, & un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier Garde des Sceaux de France le Sieur DE MACHAULT, Commandeur de nos Ordres, le tout à peine de nullité des Préſentes ; du contenu deſquelles vous mandons & enjoignons, de faire jouir ledit Expoſant & ſes ayans cauſe, pleinement & paiſiblement, ſans ſouffrir qu'il leur ſoit fait aucun trouble ou empêchement ; Voulons que la copie des Préſentes, qui ſera imprimée tout au long au com-

mencement ou à la fin desdits Livres, soit tenue pour dûement signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & feaux Conseillers-Sécrétaires, foi soit ajoûtée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelles, tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de Haro, Chartre Normande & Lettres à ce contraires. CAR tel est notre plaisir. DONNE' à Versailles le huitiéme jour du mois d'Octobre, l'an de grace mil sept cens cinquante-un, & de notre Regne le trente-septiéme. Par le Roi en son Conseil.

Signé, SAINSON.

Registré sur le Registre Douze de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, No. 649. fol. 507. conformément au Réglement de 1723. qui fait défense art. 4. à toutes personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient, autres que les Libraires & Imprimeurs, de vendre, débiter, & faire afficher aucuns Livres pour les vendre en leurs noms, soit qu'ils s'en disent les Auteurs, ou autrement; & à la charge de fournir à la susdite Chambre neuf Exemplaires de chacun, prescrits par l'art. 108. du même Réglement. A Paris, le 12 Octobre 1751.

Signé, LE GRAS, *Syndic.*

De l'Imprimerie de la Veuve LAMESLE, Rue vieille Bouclerie, à la Minerve. 1752.

SPECIAL 86-B
25769

LIBRARY